

**Untersuchungen über die Wärmeableitung der Stallböden
in Schweinezucht- und -Mastställen**

Wolf D. H. Bartelmus

1973



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553805_0038

Aus dem Institut für Tierhygiene
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Vorstand: Professor Dr. J. Kalich

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE WÄRMEABLEITUNG DER STALLBÖDEN
IN SCHWEINEZUCHT- UND -MASTSTÄLLEN.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
Wolf D. H. Bartelmus
aus
Gleiwitz / OS

München 1973

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Professor Dr. E. D a h n e
Referent: Professor Dr. J. K a l i c h
Korreferent: Professor Dr. H. K r ä u ß l i c h

Tag der Promotion: 23. Februar 1973



III

INHALT

	SEITE
A. EINLEITUNG	1
B. LITERATUR	2
I. Die Bedeutung des Stallklimafaktors Wärme und der Wärmeleitfähigkeit des Bodens im besonderen für die Schweinehaltung	2
1. Physiologie der Wärmeregulation der Schweine	2
2. Bedeutung der Wärme für die Ferkel	10
3. Auswirkungen der Wärme und der Wärmeleit- fähigkeit des Bodens auf die Mastleistung bei Schweinen	14
4. Das Verhalten von Schweinen bei verschie- denen Aufstallungsarten	18
II. Meßmethoden zur Prüfung der Wärmeleitfähigkeit von Fuß- und Stallböden	20
C. EIGENE UNTERSUCHUNGEN	29
I. Material und Methodik	29
1. Die Versuchsstallungen	29
2. Die verwendeten Geräte	51
3. Die Versuchsanordnung	54

IV

	SEITE
II. Versuche und Versuchsergebnisse	57
D. DISKUSSION	112
E. ZUSAMMENFASSUNG	120
F. LITERATUR	122
LEBENS LAUF	128

A. E I N L E I T U N G

Die wirtschaftliche Entwicklung der letzten Jahre hat den viehhaltenden Landwirt trotz relativ günstiger Marktlage und vollständiger Abnahme seiner Produkte in eine finanziell angespannte Lage gedrängt. Der aus dem Arbeitskräftemangel resultierende Zwang zur Betriebsumstellung bei steigenden Preisen für Bauvorhaben, Maschinen und Einrichtungen, aber fast gleichbleibenden Erlösen für die eigenen Erzeugnisse, hat zu dieser Geldverknappung geführt. Die unter diesen Umständen geforderte höchstmögliche Produktivität bei entsprechender Wirtschaftlichkeit stellt sowohl hinsichtlich des Tiermaterials als auch der Haltungsformen neue Ansprüche. Die Heranzüchtung leistungsfähigerer Tierpopulationen nimmt jedoch in der Regel so große Zeiträume in Anspruch, daß der Versuch gemacht werden muß, über optimale Haltungsbedingungen die volle Ausnutzung der genetisch vorgegebenen Leistungsreserven zu erreichen. Leider wurden Stallneubauten bisher vor allem nach arbeitstechnischen Gesichtspunkten durchgeführt. An das Wohlbefinden der Tiere wurde dabei oft nicht gedacht. In den letzten Jahren wurden von verschiedenen Institutionen umfangreiche Untersuchungen über den Einfluß des Stallklimas angestellt. Dennoch liegen auf einem Teilgebiet, nämlich der Wärmeableitung durch Stallböden, bisher nur wenige Informationen vor. Hier einen Beitrag zu leisten, ist der Sinn der vorliegenden Arbeit.

B. L I T E R A T U R Ü B E R S I C H T

I. Die Bedeutung des Stallklimafaktors Wärme und der Wärmeleitfähigkeit des Bodens im besonderen für die Schweinehaltung.

1. Physiologie der Wärmeregulation der Schweine.

Wenn man sich ein Bild davon machen will, wie sich unterschiedliche Temperaturen der Umgebungsluft und des Bodens auf Schweine auswirken, ist es wichtig zu wissen, wie die Tiere derartige Umweltreize aufnehmen und beantworten. Darüber sind die Abhandlungen von M o u n t (32) besonders aufschlußreich. Das hervorstechende Merkmal der Thermoregulation bei Warmblütern ist, daß die Anteile von Wärmeproduktion und Wärmeverlust in einer solchen Weise kontrolliert werden, daß die Körpertemperatur auch bei wechselnden Umgebungstemperaturen ziemlich konstant bleibt. Dagegen machen die peripheren Gewebe und die Extremitäten in einem gewissen Grade die Temperaturschwankungen mit, was für den Wärmehaushalt des Tieres eine erhebliche Ersparnis bedeutet. Nach sorgfältigen Untersuchungen über den Steuerungsmechanismus steht nach B l i g h (4) fest, daß der Hypothalamus das Zentrum des Kontrollsystems ist, obwohl es Anhaltspunkte dafür gibt, daß auch andere Teile des Gehirns thermoregulatorische Funktion haben. Wenn also der Organismus der Kälte ausgesetzt wird, veranlassen zentrale Temperaturrezeptoren im Hypothalamus eine angemessene Stei-

gerung der Stoffwechselrate zum Ausgleich des festgestellten Wärmeverlustes. Parallel dazu trifft der Körper Abwehrmaßnahmen, um den Verlust so klein wie möglich zu halten. In Formeln gefaßt sieht das nach K l e i b e r (27) so aus: Der Wärmefluß ist proportional zum Temperaturgefälle und zur Wärmeleitfähigkeit des durchflossenen Mediums. Das ist eine Aussage von Fouriers Gesetz.

$$W = \lambda \cdot \frac{F}{D} (T_1 - T_2)$$

W = Wärmefluß

F = Oberfläche

λ = Wärmeleitfähigkeit des Mediums

D = Dicke des durchflossenen Mediums

$T_1 - T_2$ = Temperaturgefälle von einem Ende des Mediums zum anderen.

Das kann in einer Form geschrieben werden, die mit dem Ohmschen Gesetz über den Elektrizitätsfluß korrespondiert:

$$W = F \frac{T_1 - T_2}{R}$$

$R = \frac{D}{\lambda}$ Wärmeflußwiderstand pro Einheit Querschnittsfläche.

In diesem Fall kann R als "spezifische Isolation" definiert werden, ein Begriff, der für die thermale Isolation zwischen Tierkern und Umgebung angewendet werden kann.

Am lebenden Tier kommen sowohl die spezifische Isolation, welche auf der peripheren Vasomotorenkontrolle, der subkutanen Fettschicht und dem Haarkleid beruht, als auch andere Einflüsse zur Wirkung, die die Mikroumwelt betreffen; dies sind speziell die Luftbewegung und die Luftgrenzschicht über einer nackten Art oder die gestaffelte Luft im Fell oder in der Wolle einer behaarten Spezies. Bei einem Tier mit einem Haarkleid ist letzteres der Hauptfaktor innerhalb der spezifischen Isolation. Beim Ferkel mit seinem spärlichen Haarkleid konnte man eine zwar kleine, aber eindeutige Steigerung der Oberflächen-Luft-Isolation durch die Piloerektion nachweisen. Der Effekt, der sich auf maximal 15 % der totalen Isolation beläuft, ist allerdings bei einem zwei Wochen alten Ferkel noch nicht meßbar. T r e g e a r (51) hat Messungen der thermischen Isolation verschiedener Häute einschließlich der des Schweines vorgenommen. Er kam dabei zu folgendem Ergebnis: Wenn ein Schwein mit einer dicken subkutanen Fettschicht der Kälte ausgesetzt wird, vermag die periphere Vasokonstriktion sehr wirksam eine hohe spezifische Isolation aufzubauen. Dabei nimmt die von den oberflächlichen Geweben gelieferte Isolation nach innen zu ab. Wenn keine Fettschicht vorhanden ist, wie beim neugeborenen Schwein, ist der Isolationszuwachs nach M o u n t (33) gering, obwohl in der Kälte die peripheren Gefäße genauso enger werden. B u r t o n und E d h o l m (8) sehen den Grund hierfür in der geringen Wärmeleitfähigkeit des Fettes. Bei Versuchen zur Feststellung der kritischen Umgebungstem-

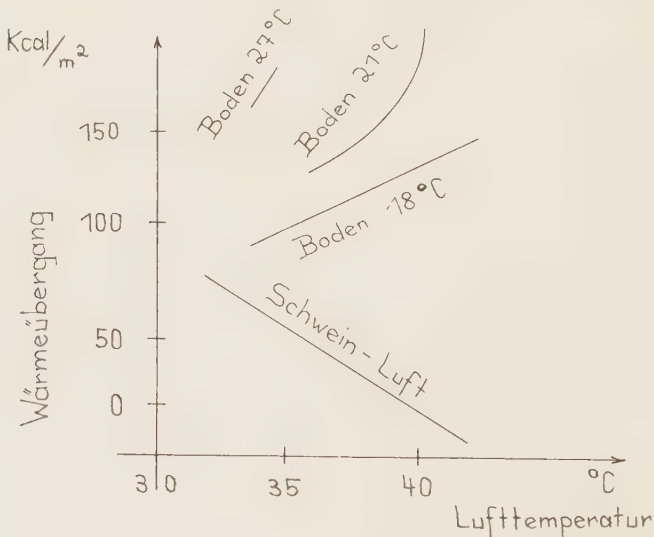
peratur, bei welcher die periphere Vasokonstriktion einsetzt, fanden C a n n o n und K e a t i n g e (15) heraus, daß Menschen mit einem Fettpolster zwar ihren Umsatz steigern, sobald die Temperatur des Wasserbades, in dem sie sich befanden, unter 33°C fiel, die größte Gewebeisolation aber erst bei 12°C erreichten. Demgegenüber zeigten magere Menschen in dem Experiment die Steigerung der Umsatzrate und die maximale Gewebeisolation bei ein und derselben Temperatur, nämlich nahe 33°C . Man nimmt an, daß die Verhältnisse beim neugeborenen Schwein wie beim mageren Menschen liegen, weil es keine funktionstüchtige subkutane Fettschicht besitzt. Gleichzeitig machte man aber die Feststellung, daß die Wärmeisolation weiter anstieg, wenn die Umgebungstemperatur unter den kritischen Punkt fiel. Die am ehesten einleuchtende Lösung dieses Rätsels liegt in der Änderung der Körperhaltung, die das Tier vornimmt, sobald die Temperatur gewisse Behaglichkeitswerte unterschreitet. Unter warmen Verhältnissen liegt das Schwein entspannt und ausgestreckt auf der Seite. Ist die Unterlage zu kühl, so richtet es sich auf und kauert auf den unter den Körper geschlagenen Extremitäten. Bei Ferkeln kann man beobachten, wie die Vorderbeine zwischen die Hinterbeine gedrängt werden und die Tiere sich in dieser "knieenden" Stellung zusätzlich mit dem Rüssel abstützen. Im Hinblick auf den Wärmeaustausch bewirkt dies eine Reduzierung der effektiven Oberfläche, was zu dem beobachteten Anstieg der thermischen Isolation führt.

Ein ungefähres Bild von der Wirksamkeit des körpereigenen

Isolationsmechanismus kann man sich anhand der Messungen über den Wärmeverlust von Schweinen an eine kalte Platte machen, die Kelly, Bond und Garrett (26) mit einem Wärmeflußmesser vornahmen. Der geringe Wärmeverlust durch Wärmeleitung bei den niedrigeren Liegeflächentemperaturen dürfte mit dem herabgesetzten Blutfluß in der Haut beim Kontakt mit der kälteren Unterlage im Zusammenhang stehen. Das folgende Bild veranschaulicht diese Annahme.

Bild Nr. 1

Der Wärmeübergang eines Schweines bei Bodentemperaturen, welche oberhalb der kritischen Temperatur liegen.



So kann man entnehmen, daß bei einer Umgebungstemperatur von ca. 33°C der Wärmeübergang an einen Boden mit 18°C etwa $90 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ beträgt, während er bei einem Boden mit 27°C

um rund $2/3$ höher, nämlich bei $155 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ liegt.

Leider kann nun das Tier seine Wärmeisolation nicht in beliebigem Maße steigern. Die Größe des Wärmeverlustes an die Unterlage wird also in wesentlichem Maße neben der Temperatur des Bodens von seiner Wärmeleitfähigkeit abhängig sein. Zur Erklärung dieser Tatsache sei ein Versuch von M o u n t (34) angeführt. Der tatsächliche Wärmeverlust eines neugeborenen Schweines an seine Unterlage wurde mit einer Matte bestimmt, die ein Wärmeflußmeßsystem in absteigender Lage enthielt. Die Matte lag nacheinander auf drei verschiedenen Bodenmaterialien, nämlich Beton, Holz und Polystyrol. Das Ferkel wurde jeweils bei Umgebungstemperaturen zwischen 18 und 30°C mit oder ohne Einstreu auf die Matte gesetzt. Eines der herausragenden Ergebnisse war auch hier der verminderte Wärmeverlust an die Liegefläche, sobald das Schwein aus der entspannten Lage in eine Haltung wechselte, in welcher es seinen Rumpf auf den Gliedmaßen vom Boden abstützte. Der Wärmeverlust auf Holz bei 20°C entsprach etwa dem Verlust auf Beton bei 30°C . Ein Ersatz des Beton durch Holz kam einem Anheben der Bodentemperatur um 12°C gleich. Ein Zoll (= $2,54 \text{ cm}$) Holzspäne auf Beton reduzierte den Wärmeverlust auf 66% des Wertes bei nacktem Beton und entsprach einer Anhebung der Bodentemperatur um 9°C . Ein Zoll Stroh senkte den Wärmeverlust auf 41% und kam einer Anhebung der Bodentemperatur um 15°C gleich. Ein Zoll Holzwolle schließlich senkte den Wärmeverlust auf 27% und wirkte wie eine Erhöhung der Bodentemperatur um 19°C . Die anschließende Tabelle veranschau-

licht den prozentualen Anteil von Verdunstung, Strahlung, Konvektion und Wärmeleitung am gesamten Wärmeverlust.

Tabelle Nr. 1

Die Aufteilung des Wärmeverlustes eines 2-kg-Ferkels bei entspannter Lage und 20 bzw. 30 °C Umgebungstemperatur auf vier verschiedenen Böden.

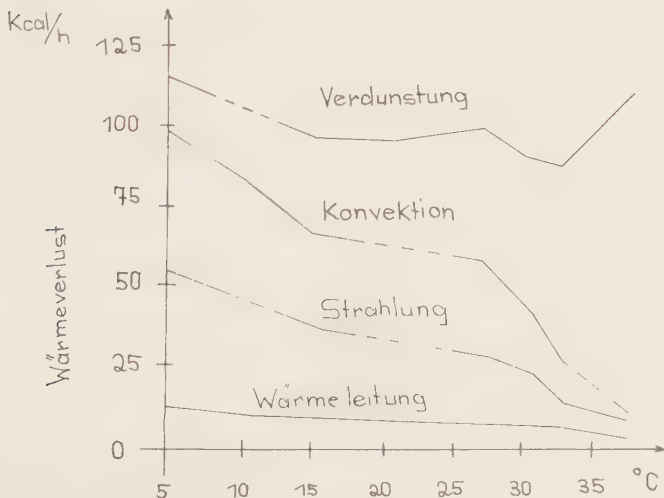
°C	Boden	kcal/h	Wärmeverlust			
			Verdunstung	Strahlung	Konvektion	Wärmeleitg.
20	Polystyrol + Einstreu	15,7	7	46	45	2
	Holz + Einstreu	15,7	7	44	43	6
	Beton + Einstreu	15,7	7	41	40	12
	Beton geschätzt	15,7	7	39	39	15
30	Polystyrol allein	9,5	13	51	35	1
	Holz + Einstreu	9,5	13	48	33	6
	Beton + Einstreu	9,5	13	44	31	12
	Beton geschätzt	9,5	13	42	30	15

Ungefähr 15 % der gesamten Wärmeabgabe durch ein neugeborenes Schwein erfolgen demnach über den Boden, wenn dieser aus reinem Beton besteht. Auf Holz sind es 6 % und auf Polystyrol 2 %. Dieser Wärmeverlust ist nicht als reine Wärmeleitung

aufzufassen, obwohl es der Einfachheit halber so dargestellt wurde. In der abgestützten Körperhaltung wird teilweise Wärme durch Strahlung an den Boden abgegeben und möglicherweise auch durch Konvektion von Teilen des Tieres, die dem Boden fast anliegen, ihn aber nicht berühren. In der entspannten Lage hat ein größerer Teil des Tieres direkten Kontakt zum Boden, und der tatsächliche Anteil der Wärmeleitung am gesamten Wärmefluß nimmt zu. Über die Aufteilung des Wärmeverlustes bei Schweinen von 26 - 37 kg gibt das nächste Bild Auskunft.

Bild Nr. 2

Der Einfluß der Umgebungstemperatur auf den Wärmeverlust und seine Aufteilung bei Schweinen zwischen 26 und 37 kg nach Bond, Kelly und Heitman (6).



Wie aus dem Bild Nr. 2 zu ersehen ist, macht sich bei Schweinen dieser Gewichtsklasse die spezifische Isolation (bestehend aus Vasomotorenkontrolle, subkutaner Fettschicht und Haarkleid) gegenüber der Wärmeleitung in den Boden bemerkbar. Weiter macht die nahezu gleichbleibende Wärmeleitung klar, daß das Schwein in der Lage ist, die Wärmeabgabe je nach Bedarf auf bestimmte Körperregionen zu verteilen. Außerdem geht daraus hervor, daß die Wärmeleitung im Hinblick auf die Kühlung des Körpers bei hohen Temperaturen eine vergleichbar geringe Rolle spielt und daß diese im wesentlichen durch die Verdunstung übernommen wird.

2. Bedeutung der Wärme für die Ferkelaufzucht.

Im Rahmen der bei uns üblichen Viehhaltung stellen die Ferkelaufzucht und die Schweinemast mit die höchsten Anforderungen an das Stallklima. In der Tat ist das Schwein gegenüber physischen und psychischen Belastungen sehr empfindlich. Allgemein werden neben Tieren, die unter hohem Leistungsdruck stehen, besonders Jungtiere leicht von Umweltfaktoren im positiven oder negativen Sinne beeinflusst. So fallen rund 20 % der Ferkelverluste in die ersten drei Lebenstage. Daß hierbei außer anderen direkten und indirekten Todesursachen das Stallklima eine Rolle spielt, zeigt nach K a l i c h (21) das Verhalten der Körpertemperatur der neugeborenen Tiere. Diese fällt bei Stalltemperaturen von 15 - 20 °C von 38 - 39 °C direkt nach der Geburt um durchschnittlich 2 °C, bei Stalltemperaturen zwischen 5 und 10 °C jedoch um durch-

schnittlich 5°C , wobei die Schwankungsbreite vom Geburtsgewicht der Ferkel bestimmt wird. Ursache dafür sind die Verdunstung von Fruchtwasser auf der Haut und das noch ungenügende Arbeiten des Wärmeregulationsmechanismus. Auch für die Rückkehr der Körpertemperatur zur Norm, die etwa eine Stunde post partum einsetzt, ist das Stallklima von Bedeutung. Bei Ferkelnesttemperaturen um 30°C erreicht das Neugeborene nach K a l i c h (22) die normale Temperatur bereits nach 24 Stunden, bei Fehlen eines Ferkelnestes und Stalltemperaturen von $15 - 20^{\circ}\text{C}$ sowie trockener Luft nach ungefähr zwei Tagen, bei Stalltemperaturen zwischen 5 und 10°C und feuchter Luft sogar erst nach $8 - 10$ Tagen. Das hat, wie K a l i c h , K o v á c s und M a i e r (24) darlegen, für das Ferkel weitreichende Konsequenzen. Denn der bei der Geburt schon niedrige Blutzuckerwert wird durch Kälteeinwirkung rasch herabgesetzt, und dadurch werden wiederum Vitalität, Reaktionsfähigkeit und Sauglust der Tiere beeinträchtigt. Sie laufen Gefahr, erdrückt zu werden und nehmen oft zu wenig oder zu spät Kolostrum auf. Zeitpunkt und Menge der Kolostralmilchaufnahme sind aber ein wesentlicher Faktor für die Widerstandskraft der Neugeborenen. Von den meisten Autoren werden zur Zeit aus empirischen Gründen für die neugeborenen Ferkel Umgebungstemperaturen von ungefähr 30°C gefordert. In ausführlicheren Abhandlungen wird in der Regel eine dem Alter der Ferkel entsprechende Temperaturabstufung vorgeschlagen. So nennt M ö l b e r t (30) $30 - 20^{\circ}\text{C}$, S t o l p e (50) $32 - 27^{\circ}\text{C}$ für Ferkel in den ersten zwei Wochen und $24 - 18^{\circ}\text{C}$

für Ferkel über zwei Wochen. Immer wieder wird über die Erfolge nach Berücksichtigung dieser Temperaturerfordernisse im Ferkelstall berichtet; W ö m p n e r (54) legt in einem Artikel dar, daß in einigen LPGs die Aufzuchtverluste von 18,6 % im Frühjahr 1964 durch Einführung der Warmluftheizung auf 10,8 % im Frühjahr 1966 gesenkt werden konnten. Gleichzeitig stiegen die Ferkelzahlen je Wurf und die 8-Wochen-Gewichte der Ferkel signifikant an. Da aber nach beinahe übereinstimmenden Darlegungen von M ö l b e r t (30) und S t o l p e (50) für säugende Sauen eine Stalltemperatur von 15 - 20 °C ausreichend ist, die für Ferkel geeigneten Temperaturen jedoch nach C o m b e r g (16) für die Sauen zu hoch oder gar schädlich sind, empfiehlt sich die Schaffung eines Kleinklimas für Ferkel, etwa nach dem Muster der bewährten Ferkelnester. Als besonders angenehm für die Ferkel wird die Deckung des Wärmebedarfs anhand von Heizkissen, Heizplatten oder eingebauten elektrischen Bodenheizungen beschrieben. K a s t r o l l (25) veranschlagt die Anschaffungskosten der elektrotechnischen Materialien je Ferkelbucht ohne Baumaterialien und Arbeitskosten 1967 auf 90 - 100 DM und die Unterhaltungskosten auf 4 - 7 KWh je Ferkel und aufzuchtperiode. Daß die vorgeschlagenen 300 Watt je qm aber wohl nur das Minimum für die Heizleistung in der angegebenen Bauart darstellen, beweisen die Bilder der Veröffentlichung, die das Wohlbefinden der Ferkel veranschaulichen sollen. Tatsächlich aber zeigen die Ferkel das typische Übereinanderklettern, wie sie es zu tun pflegen, wenn es ihnen zu kalt ist.

Es stellt sich hier die Frage, ob es nicht wirtschaftlicher ist, den Boden gut zu isolieren und einen herkömmlichen Wärmestrahler zu verwenden. S i e l e r (47) schreibt, daß für ein gesundes Stallklima im Abferkelstall die Bauteiloberflächentemperatur 15 - 16 °C betragen sollte und gibt für die Stallbodenisolierung entweder Stroheinstreu oder eine Mindestwärmedämmschicht (leider ohne Materialangabe) von 40 mm an. Aber auch bei älteren Ferkeln, Läufern und Mastschweinen sind Gesundheit und gutes Gedeihen wesentlich von einem angemessenen Stallklima abhängig. An dieser Stelle sei von einer Untersuchung von K a l i c h (23) über die Beziehungen zwischen enzootischer Pneumonie (EP = Ferkelgrippe) und Umwelt berichtet. Der überwiegende Anteil des Schadens liegt bei dieser Krankheit nicht in den Todesfällen, sondern in der Wachstumsverzögerung der Ferkel und der schlechten Zunahme bzw. Futterverwertung der Mastschweine. Je 18 Ferkel von SPF-Muttersauen wurden in "schlechtem", "mittelschlechtem" und "optimalem" Stallklima aufgezogen. Die Klimabelastungsversuche zeigten, daß es möglich ist, ohne irgendein Agens, allein durch umweltbedingte Belastung bei Ferkeln das histologische Bild der EP zu erzeugen. Die Infektionsversuche mit Reinkulturen von Mykoplasmen und Adenoviren unter gleichzeitiger klimatischer Belastung ergaben dieselben Veränderungen wie die alleinige klimatische Belastung. Die Untersuchungen erlauben die Schlußfolgerungen, daß als primäre Ursache der EP nicht Mykoplasmen und Adenoviren anzusehen sind, sondern daß es sich um eine Faktorenkrankheit handelt, wobei

dem Stallklima-Streß als Wegbereiter die größte Bedeutung beizumessen ist.

3. Auswirkungen der Wärme und der Wärmeleitfähigkeit des Bodens auf die Mastleistung bei Schweinen.

Über die Bedeutung der Stalltemperaturen für die Schweinemast hat K a l i c h (21) in einem Wintermastversuch Untersuchungen angestellt. Die Auswirkungen auf die Gewichtszunahme sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben.

Tabelle Nr. 2

Mittlere tägliche Gewichtszunahme (in kg) der Schweine in verschiedenen Gewichtsabschnitten bei verschiedenen Temperaturen.

Gruppe	°C	40 - 80 kg	80 - 110 kg
I	10	0,600	0,640
II	15	0,650	0,730
III	20	0,860	0,700

Aus der Tabelle geht hervor, daß die Schweine mit einem Gewicht von 40 - 80 kg bei 20 °C die besten Zunahmen aufwiesen, während die schwereren Schweine zwischen 80 und 110 kg bei 15 °C die höchsten Zuwachsraten zeigten. Daraus ist ersichtlich, daß die Stalltemperatur wesentlich die Wirtschaftlichkeit einer Mast beeinflussen kann. S c h ü e r h o l z (45) berichtet nach einer Überprüfung von 17 Betrieben, daß in der

Hälfte der Fälle mehr als 10 % des möglichen Produktionsgewinnes infolge erhöhten Futterverbrauches in der Wintermastperiode verloren gingen. In ungünstigen Fällen kann nach seinen Angaben der Verlust bis auf 75 % steigen. C o m b e r g (16) führt ebenfalls an, daß für das neuzeitliche Fleischschwein eine besonders gute und gleichmäßige Klimatisierung der Ställe notwendig ist. Das Zurückzüchten der den Körperkern umhüllenden Fettschichten bedeutet für die Stallklimagegestaltung das Anstreben der oberen Grenze der Thermoneutralitätszonen. Auch B o g n e r (5) zitiert mehrere Autoren, in deren Veröffentlichungen die Tendenz: höhere Stalltemperatur gleichbedeutend mit besserer Futterverwertung und steigenden Zuwachsraten bestätigt wird. Er weist jedoch ausdrücklich darauf hin, daß die meisten Ergebnisse in Feldversuchen gewonnen wurden und daß es wichtig ist, bei derartigen Versuchen auch die genaue Haltungsart der Schweine zu berücksichtigen, weil die einzelnen Klimafaktoren und Stallbaugegebenheiten entscheidende Einflußgrößen sein können. Diesen Forderungen kommt eine Veröffentlichung des B L F (3) über eine Arbeit des Institutes für Tierzucht und Haustiergenetik der Universität Gießen entgegen. Darin wurde der Einfluß kurzzeitiger Wärme- und Kältebelastung an 36 DVL-Schweinen im Mastabschnitt zwischen 40 und 110 kg in der Klimakammer geprüft. Auch hier wiesen die Wärmegruppen höhere durchschnittliche Tageszunahmen auf als die Kältegruppen und die Kontrollgruppen. In dem Bericht wird aber nicht auf die genaue Haltungsform der Tiere, wie z. B. die Ver-

wendung von Einstreu und die Wärmeleistung des Stallbodens, eingegangen. Nun kann der Einwand erhoben werden, daß für die genannten Ergebnisse das Stallklima in seiner Gesamtheit verantwortlich zu machen ist. Der für höheren Futterbedarf bzw. geringere Zunahmen verantwortliche Wärmeverlust der Schweine wäre demnach nur zu einem gewissen Teil durch direkte Ableitung an den Boden verursacht. Die Erfahrung lehrt jedoch, daß gerade diesem Anteil einige Bedeutung zukommt. K a l i c h (21) machte auf diesem Gebiet eine interessante Feststellung. In einer im Freien gelegenen Boxe mit 3°C Lufttemperatur betrug die Gewichtszunahme bei Schweinen, die ohne Stroh gehalten wurden, 0,63 kg am Tag. Bei der Kontrollgruppe, die bei 15°C gehalten wurde, betrug sie 0,78 kg am Tag. Als man die Boxe mit 3°C Umgebungstemperatur mit Stroh ausgestattet hatte, stieg die Gewichtszunahme auf 0,72 kg pro Tag. Das beweist, daß trotz niedriger Stalltemperatur bei besserer Isolierung des Liegeplatzes die Leistung erhöht werden kann. Ähnliche Angaben macht S ø r e n s e n (48). Die anschließende Tabelle läßt erkennen, daß die Schweine bei Einzelhaltung ohne Einstreu die geringsten Zunahmen hatten. Waren mehrere Schweine in einer Bucht, so stiegen die täglichen Zunahmen deutlich an. Die besten Ergebnisse wurden bei der Gruppenhaltung mit Einstreu erzielt. Man kann daraus entnehmen, daß ein warmer Boden die Zuwachsraten zu verbessern vermag. Die Erfolge sind dabei umso größer, je weniger die Tiere mit eigener Heizleistung zur Erwärmung beisteuern müssen.

Tabelle Nr. 3

Der Einfluß von Einstreu und Einzel- bzw. Gruppenhaltung auf die tägliche Gewichtszunahme und die Futterverwertung bei Mastschweinen.

Temperatur °C	rel. Luftfeuchte %	Futterverwertung /kg	Zunahme kg/Tag
Gemeinsame Ställe, keine Streu			
3	70	4,3	0,63
Gemeinsame Ställe, mit Streu			
3	70	3,7	0,72
Einzelställe, keine Streu			
3	70	5,9	0,45

In diesem Zusammenhang soll auch eine Beobachtung von S ø r e n s e n und M o u s t g a r d (49) erwähnt werden, aus der hervorgeht, daß die Wärmeleitfähigkeit des Bodens auch auf die Stalltemperatur Einfluß hat. Nach ihren Darlegungen bewirkte die dämmende Einstreu (ohne genaue Materialangabe) eine Erhöhung der Stalltemperatur um 5 °C.

An dieser Stelle taucht die Frage auf, wie es möglich ist, daß eine große Wärmeleitfähigkeit des Bodens in so hohem Maße das Wohlbefinden der Schweine beeinträchtigt. Denn nur so kann man sich die deutlichen Leistungsabfälle erklären. Dazu muß man sich etwas mit den Lebensgewohnheiten der Schweine auseinandersetzen.

4. Das Verhalten von Schweinen bei verschiedenen Aufstallungsarten.

Bei allen Erörterungen zum Thema Wärmeverlust durch Wärmeableitung hat man sich immer mit dem liegenden Tier beschäftigt. Wenn man sich die unterschiedliche Wärmeabgabe in den geschilderten Liegepositionen vergegenwärtigt, wird es klar, daß der Wärmeverlust durch Wärmeableitung noch weit geringer sein muß, wenn das Schwein sitzt, was relativ selten der Fall ist, oder steht und sich bewegt. Es ist also wichtig zu wissen, wie lange ein Schwein innerhalb eines Tages wirklich liegt. Und hier wird man sich, wenn man nicht viel Umgang mit Schweinen hat, meist verschätzen. P e c h e r t (38) schreibt in einer Abhandlung über die Verhaltensforschung bei Schweinen unter anderem:

"Auf dem 1966 in Lund stattgefundenen CIGR-kongreß handelte S c h o l z (43) das Verhalten von Mastschweinen in großen Gruppen und dessen Einfluß auf die Gestaltung der Ställe ab. In die Untersuchungen wurden Mastschweine bis 120 kg Lebendmasse in Gruppengrößen von jeweils 10, 25, 90, 210 und 530 Schweinen einbezogen. Die Beobachtungsintervalle umfaßten die Ganztagszeit von 24 Stunden sowie die Tag- und Nachtzeit mit jeweils 12 Stunden von 6 - 18⁰⁰ Uhr und von 18 - 6⁰⁰ Uhr. Der Verhaltenskatalog schloß die Ruhe- und Bewegungsphasen sowie die Futteraufnahme ein. Die aufschlußreiche Tabelle möchte ich auf der nächsten Seite wiedergeben. Aus ihr ist zu entnehmen, daß Schweine im Schnitt über 84 % des 24-h-Tages ruhen. Dabei wird die Dauer der Ruhezeit am

ehesten durch das Liegeflächenangebot beeinflusst (je mehr Platz, desto länger liegen die Tiere). Dagegen wirken sich die Größe der Bucht, die Zahl der Tiere und die Fütterungsart auf die Gesamtruhezeit kaum aus.

Tabelle Nr. 4

Das Verhalten von Schweinen bei verschiedenen Aufstallungsarten.

aufstallung u. Zeit	Ruhe %	Bewegg. %	Futterraufnahme %
Einzelbuchten (Dänische Aufstallung, rationelle Fütterung).			
24 h	87,8	8,6	3,6
12 Tag-h	79,4	13,6	7,0
12 Nacht-h	96,2	3,6	0,2
90 Schweine je Bucht (0,5 qm Liegefläche je Tier, Vorrats- tröge).			
24 h	87,7	6,4	5,9
12 Tag-h	81,8	9,8	8,4
12 Nacht-h	93,5	3,1	3,4
210 Schweine je Bucht (0,4 qm Liegefläche je Tier, Vorrats- tröge).			
24 h	75,6	14,4	10,0
12 Tag-h	55,4	24,7	19,9
12 Nacht-h	95,8	4,0	0,2
530 Schweine je Bucht (0,6 qm Liegefläche je Tier, Vorrats- tröge).			
24 h	85,8	9,8	4,4
12 Tag-h	76,7	16,2	7,1
12 Nacht-h	95,3	3,0	1,7

II. Meßmethoden zur Prüfung der Wärmeleitfähigkeit von Fuß- und Stallböden.

In einer Eingabe an die Jubiläums-Stiftung der deutschen Industrie beschrieb B r a b b é e (7) den Stand der Wissenschaft und Technik auf dem Gebiet des Wärmedurchgangs und der Wärmeaufspeicherung. Er schloß mit den Worten: "Mit diesen Ausführungen wäre der Stand der bisherigen Forschung festgelegt und gleichzeitig nachgewiesen, daß die wichtigsten Grundlagen der Heiz- und Lüftungstechnik, d. i. die Bestimmung der Wärmeverluste von Gebäuden und die Ermittlung des Wärmeaufspeicherungsvermögens von Materialien, wissenschaftlich nicht erforscht sind. Die Praxis ist heute gezwungen, eine ganze Reihe mehr oder weniger willkürlicher Zuschläge in ihre Berechnung einzufügen, um so die fehlerhaften rechnerischen Unterlagen soweit als möglich zu berichtigen." Diesem Umstand trug er Rechnung, indem er 1912 ein Programm für die Schaffung einer Versuchsanordnung entwickelte, mit der es möglich erschien, die Verhältnisse des Wärmedurchgangs und der Wärmeaufspeicherung zu klären. Der Ausbruch des Krieges machte aber alle weiteren Arbeiten an der Anlage in Berlin unmöglich. Das Laboratorium für technische Physik in München, das etwa zur selben Zeit Versuche über den Wärmedurchgang aufgenommen hatte, war jedoch infolge Entgegenkommens der bayerischen Zivil- und Militärbehörden sowie durch Unterstützung der Wärmeschutz-Industrie in der Lage, die Versuche auch während des Krieges in größerem

Maßstabe fortzusetzen. Hier arbeiteten vor allem K n o b -
 l a u c h und H e n c k y (28) an der Errechnung von
 Wärmedurchgangszahlen für verschiedene Wände. Obwohl die Auf-
 merksamkeit sich in beiden Instituten zunächst der Wärme-
 Übertragung und dem Wärmeschutz verschiedener Bau- und Iso-
 lierstoffe zuwandte und an Bauwerken hauptsächlich die Wär-
 medurchlässigkeit der Wände geprüft wurde, interessierte man
 sich auch schon in den ersten Jahren für die Wärmeableitung
 von Fußböden. Die Entwicklung auf diesem Gebiet wurde an-
 läßlich von Vergleichsmessungen zwischen physiologischen und
 physikalischen Prüfverfahren von C a m m e r e r und
 S c h ü l e (13) aufgezeichnet. Demnach baute M o l -
 l i e r (31) 1910 den ersten künstlichen Fuß, der aus
 einem mit Baumwolle ausgefüllten Holzkästchen bestand, des-
 sen Messingboden durch eine Heizplatte erwärmt wurde. Ein
 Thermometer mit spiralförmigem Quecksilbergefaß diente zur
 Temperaturmessung des Bodens. Der künstliche Fuß wurde nach
 Erwärmung auf etwa 40 °C und bei gleichbleibender Heizung
 auf den zu prüfenden Boden aufgesetzt und die Temperaturab-
 nahme des Gerätes in Abhängigkeit von der Zeit ermittelt.
 Zum relativen Vergleich verschiedener Fußbodenarten bezog
 man die im Dauerzustand sich einstellende Differenz zwischen
 der "Fußtemperatur" und ungestörter Bodentemperatur auf die-
 jenige eines Zementbodens. E i c h b a u e r (18) er-
 setzte den Holzkasten durch einen elektrisch heizbaren Kup-
 ferblock, dessen Oberflächen mit Ausnahme der Bodenfläche
 isoliert waren. Das in seiner Anzeige zu träge Thermometer

wurde durch zwei Thermoelemente ersetzt, die den Temperaturänderungen rascher folgen konnten. Dieses Verfahren ermöglichte zwar einen Vergleich verschiedener Fußböden, konnte aber nichts über den tatsächlichen Vorgang der Wärmeableitung, besonders über die Größe der dem Fuß entzogenen Wärmemenge aussagen. R a i s c h (40) baute daher 1928 im Forschungsheim zur Prüfung von Stallböden eine Meßanordnung, mit der die bei der Berührung eines Bodens entzogene Wärme in Abhängigkeit von der Zeit ermittelt werden konnte. Sie bestand aus einem zylindrischen, mit Wasser gefüllten Gefäß, dessen Boden von einem dünnen Gummituch gebildet wurde. Zur gleichmäßigen Temperierung der Flüssigkeit war ein Rührwerk angebracht, das gleichzeitig als elektrischer Heizkörper diente. Das Gerät wurde nach Erwärmung auf die gewünschte Körpertemperatur des Tieres, zum Beispiel 39 °C, auf den zu prüfenden Boden gesetzt. Dabei wurde zur Berücksichtigung des Einflusses der Tierhaut zwischen Bodenoberfläche und Gefäßboden ein Kalbfell eingeschoben. Im Gegensatz zu den früheren künstlichen Füßen konnte sich das Gummituch bzw. das Tierfell den Unebenheiten des Bodens gut anpassen. Die dem Rührer zugeführte elektrische Heizenergie wurde so eingestellt, daß das Wasser seine Temperatur nicht änderte. Auf diese Weise konnte die dem Körper entzogene Wärmemenge in Abhängigkeit von der Liegezeit festgestellt werden. Schon in den Jahren 1922 - 1924 gelang S c h m i d t (42) ein wichtiger Fortschritt durch die Herstellung des ersten technisch ausgereiften und praktisch

verwendbaren Wärmeflußmessers zur Bestimmung des Wärmeverlustes von isolierten Rohrleitungen und Wänden. Dazu bettete er eine Serienschaltung von Thermoelementen in Gummi ein. Nach dem zweiten Weltkriege wurden weitere Versuche von C a m m e r e r und S c h ü l e (13) durchgeführt. C a m m e r e r (13) befaßte sich mit dem Wärmeregulationsvermögen und den subjektiven Empfindungen des Menschen bei der Wärmeabgabe an den Fußboden. Er stellte den Wärmeverlust mittels eines dünnen Folien-Wärmeflußmessers nach Aufsetzen des Fußes als Funktion der Zeit fest. Dabei wurde im Prinzip der Wärmeflußmesser nach S c h m i d t (42) verwendet. Als Nachteil erwies sich jedoch die zur Erzielung einer ausreichenden Thermokraft notwendige, relativ große Dicke von einigen Millimetern. Bei der Messung des Wärmeverlustes von Isolierungen im Beharrungszustand wirkt sich die zusätzliche Isolierwirkung des Wärmeflußmessers kaum aus: C a m m e r e r (9). Bei der Messung von rasch veränderlichen Vorgängen, wie des Wärmeverlustes des menschlichen Fußes bei verschiedenen Fußbodenarten, wirkt jedoch die Isolierwirkung des Wärmeflußmessers störend. C a m m e r e r (9) hat daher für physiologische Messungen einen Folien-Wärmeflußmesser aus Kunststoff angefertigt. Zur Erreichung einer geringeren Dicke wurden die üblichen gelöteten Kupfer-Konstantandraht-Thermoelemente durch galvanische ersetzt. Währenddessen fertigte S c h ü l e (46) in Anlehnung an den künstlichen Fuß von M o l l i e r (31) und E i c h b a u e r (18) verschiedene verbesserte Ausführungen an.

Er bestimmte Wärmeableitungskurven durch Messung der Berührungstemperatur des künstlichen Fußes mit der jeweiligen Fußbodenart in Abhängigkeit von der Berührungszeit. 1959 haben dann beide Institute im Auftrage des Bundesministeriums für Wohnungsbau einen gemeinsamen Normungsvorschlag ausgearbeitet, der die Vorteile beider Meßverfahren vereinigt. Das Prüfgerät ähnelt weitgehend der von R a i s c h (40) gebauten Meßanordnung, wobei ein mit Wasser gefüllter moderner Ultra-Thermostat mit Umwälzpumpe und elektronischem Schaltrelais verwendet wurde, das eine Temperaturkonstanz von $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ gewährleistet. Das Gerät ist ebenfalls mit einem Boden aus dünnem Gummituch versehen. Mit einem Folien-Wärmeflußmesser wird die Wärmeabgabe in kcal/m^2 des auf $+ 33^{\circ}\text{C}$ gehaltenen Prüfgerätes nach Aufsetzen auf den zu untersuchenden Boden festgestellt. Hierzu wird ein automatisches Zählgerät verwendet. Die in der Praxis gewonnenen Werte werden auf die einheitliche Bezugstemperatur von 18°C umgerechnet. 1961 berichtet C a m m e r e r (10), daß es gelungen ist, die Dicke der Meßschicht des Wärmeflußmessers unter Verwendung von lötkopffreien Thermoelementen nach der Methode von H i l l (20) bis auf $0,1\text{ mm}$ herabzudrücken und dadurch einen Wärmedurchlaßwiderstand von nur $0,0005\text{ m}^2\text{h grd/kcal}$ zu erzielen. 1963 erfolgt die Normung durch den Fachnormenausschuß Materialprüfung in Deutschen Normenausschuß unter dem Titel: "Bestimmung der Wärmeableitung von Fußböden."

Im Jahre 1967 berichtet B ä h r (1) von Untersuchungen über die Wärmeableitung von Stallfußböden. Er verwendet für seine Messungen zunächst nur den von C a m m e r e r (9) entwickelten Folien-Wärmestrommesser. Dieser wurde auf dem Liegeplatz eines Tieres befestigt. Sodann wartete man, bis sich das Tier hinlegte und begann in eben diesem Augenblick mit der Messung. Es dauerte aber oft längere Zeit, bis sich das betreffende Tier hinlegte. Außerdem wurde die Größe des Wärmestromes durch die Lage der Tiere, ihre physische und psychische Verfassung und andere Faktoren beeinflusst.

B ä h r (1) schloß daraus, daß bei Anwendung dieser Methode sehr viele Messungen erforderlich wären, um zu genügend sicheren Mittelwerten zu kommen. Im Winter 1965/66 ersetzte er daher die Wärmequelle Tier durch einen Prüfheizkörper von 30 cm Durchmesser, der mit Wasser von 39 °C gefüllt war und dessen Boden aus einer 8 mm starken Gummiplatte bestand. Die auf diese Weise ermittelten Werte hielt er aber wegen der unterschiedlichen Temperaturverhältnisse, Feuchtigkeitsverhältnisse und Herstellungsform der Bauteile nur für schwer vergleichbar. Deshalb entwickelte er die folgende Anordnung für Laboruntersuchungen:

Auf einer Grundplatte werden 400 x 400 mm große Proben verschiedener Fußbodenquerschnitte ohne Berücksichtigung des Kiesunterbaues aufgesetzt und gegenseitig sowie seitlich mit 50 mm starken Platten aus Schaumpolystyrol abgedämmt. Die 25 mm starke Oberschicht der Grundplatte besteht aus Zementmörtel. In ihr sind Rohre verlegt, durch die Wasser mit

einer Temperatur von 15°C geleitet wird. Diese Temperatur entspricht dem Mittelwert der unter dem Stallboden gemessenen und den nach einem schwedischen Vorschlag errechneten Temperaturen. Durch diese Anordnung und vor allem durch die endliche Ausdehnung der Bodenproben sollte der sogenannte Aufheizeffekt so klein wie möglich gehalten werden.

In ähnlicher Weise äußert sich H a n n u s c h (19). Er befaßt sich in seiner Arbeit unter anderem mit der Wärmeableitung auf Spaltenböden. Er vertritt die Ansicht, daß die Messung der Wärmeableitung durch Stallböden nicht nach der im Wohnungsbau üblichen DIN 52614 erfolgen solle und begründet es wie folgt: "Bei dieser Versuchsmethode handelt es sich um die Erfassung der Wärmeabgabe von einem punktförmigen Körper an eine Bodenfläche von effektiv unendlicher Ausdehnung. Es wird dabei hauptsächlich der Aufheizeffekt der Unterlage gemessen. Bei einer Stalliegefläche finden wir aber gänzlich andere Verhältnisse vor. Die wärmeabgebende Fläche der Tiere ist im Vergleich zur gesamten Fußbodenfläche wesentlich höher als im Wohnungsbau. Die Tiere liegen auch dicht beisammen, so daß eine Aufheizung der Fußbodenfläche gleichmäßig von allen Seiten erfolgt. Es wird sich also sehr schnell eine konstante Fußbodentemperatur einstellen. Der von den Tieren fühlbare Wärmeentzug wird dann hauptsächlich von der Wärmeleitzahl abhängen, da die Wärmeabgabe überwiegend in senkrechter Richtung in den Untergrund erfolgt. "Für die Wärmeableitung auf Spaltenböden führt er weiter aus:

"Bei Spaltenböden sind gänzlich andere Verhältnisse der Wärmeableitung gegeben. Ein Wärmeabfluß in den Untergrund tritt nicht auf, da die Luftschicht als Isolator wirkt. Die Wärmeabgabe ist hier aus verschiedenen Faktoren zusammengesetzt. Der größte Einfluß auf die Wärmeabgabe geht dabei von der Vergrößerung der Oberfläche des Tieres durch die anliegenden Balken aus, welche man als "Kühlrippenwirkung" bezeichnen kann. Weiterhin spielt die Wärmeabstrahlung eine starke Rolle. Sie ist abhängig von der Differenz der Oberflächentemperaturen zwischen Wärmequelle und den angrenzenden Flächen, dem Strahlenreflexionsvermögen dieser Flächen und dem Einfallswinkel. Der Einfluß der Wärmestrahlung wird umso größer sein, je geringer die Stalltemperatur ist, und je stärker sich die Balkenoberfläche erwärmt. Eine Wärmeableitung in horizontaler Richtung über die Auflager spielt für die Wärmeabgabe auf dem Spaltenboden eine sehr geringe Rolle. Selbst bei Betonbalken war in 10 cm Abstand vom Heizkörper ($t = 30^{\circ}\text{C}$) in Richtung des Balkenverlaufs keine nennenswerte Erhöhung der Balkentemperatur gegenüber der Lufttemperatur festzustellen."

Nach dieser Ausführung kommt der Verfasser zu dem Ergebnis:

"Die Meßmethode, einen kleinen Meßfuß auf einen Balken zu stellen und die Erwärmung dieses einen Balkens als Maßstab für den ständigen Wärmeverlust auf einem Spaltenboden anzunehmen, führt zu Fehlschlüssen." Das veranlaßte ihn, eine eigene Meßmethode zu benützen. Die Meßanordnung besteht aus einem geschlossenen, rechteckigen Behälter mit den Innenmaßen $100 \times 60 \times 30$ cm. Wände und Deckel dieses Behälters

sind mit 6 cm Styropor isoliert und außerdem nach innen mit einer Aluminiumfolie abgedeckt. Die Bodenfläche, welche die Meßfläche darstellt, bildet eine 0,3 mm starke PVC-Gewebe-folie. Dieser Meßbehälter wird auf die zu messende Liege-fläche gestellt. Ein in den Behälterdeckel eingebautes Heiz-aggregat mit Thermostatschaltung und Rührwerk erhitzt das Wasser und hält es konstant auf 30 °C. Die Temperatur der umgebenden Luft wird auf 15 °C gehalten, die relative Luft-feuchte schwankt zwischen 60 und 70 %. Die eigentliche Meß-methode besteht darin, daß die Stromenergie bestimmt wird, die zur Aufrechterhaltung der Wassertemperatur von 30 °C nötig ist. Von den erhaltenen Wärmeverlustzahlen wird die Wärmemenge abgezogen, die durch die Seitenwände und den Deckel des Versuchskörpers entweicht. Zur Bestimmung dieser Verlustwärme wurde der Versuchskörper auf eine 10 cm starke Styroporplatte gestellt und der hier auftretende Wärmever-lust gemessen.

In einem Arbeitsblatt mit Richtlinien und Empfehlungen zur Ausführung und Bewertung von Stallfußböden machen O b e r und K i e s l (37) Angaben über die Wärmeableitung verschiedener Bodenbeläge. Die vorausgegangenen Messungen wurden nach der Methode entsprechend DIN 52614 vorgenommen. Auch die von O b e r (35) veröffentlichten Meßwerte wurden nach derselben Methode erarbeitet.

C. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Die aufgeführten Versuche wurden in der Zeit vom 11. 12. 68 bis 6. 4. 71 in den Stallungen des Institutes für Tierhygiene der Tierärztlichen Fakultät der Universität München am Oberriesenfeld vorgenommen. Zweck der Versuche war es, vergleichsweise die Wärmeableitung verschiedener in Verwendung befindlicher Stallböden zu prüfen und bei den neugebauten Stallungen zu ermitteln, in welcher Weise sich die Wärmeleitfähigkeit der Böden verändert, wenn sie in Nutzung stehen.

I. Material und Methodik.

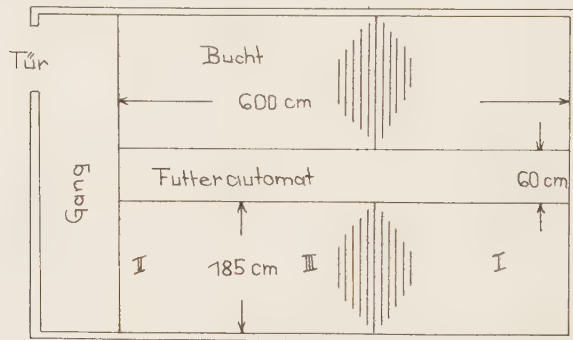
1. Die Versuchsstallungen.

Der erste Versuch betrifft einen Spaltenboden in einem kleinen Maststall für Schweine. Dieser ist in einem ehemaligen Pferdestall errichtet worden, dessen 40 cm starke Außenmauern den Wärme- bzw. Kälteschutz im großen Rahmen übernehmen. Der Schweinestall selbst ist etwa 7 m lang, 4,50 m breit und über dem Spaltenboden 1,70 m hoch. Der Luftaustausch erfolgt durch eine Zwangsbelüftung mit Luftzufuhr von der Decke und drei an einer Längsseite gelegenen Öffnungen aus. Die verbrauchte Luft wird unter dem Spaltenboden abgesogen. Der Innenraum wird von dem in der Mitte aufgestellten 60 cm breiten Futterautomaten in zwei je 6 m lange und 1,85 m breite Buchten aufgeteilt. An der Stirnseite des Stalles verbleibt so

ein Gang von 0,95 m Breite. Die Wände bestehen von außen nach innen aus einer 0,6 cm starken Hartfaserplatte, einem 4 cm breiten Luftraum, einer 3 cm starken Styroporisolierung und einer Innenauskleidung aus 0,6 cm starkem Internit. Die Decke wird von einer 0,6 cm dicken Hartfaserplatte mit 3 cm Styroporauflage gebildet. Das folgende Bild zeigt den Grundriß dieses Stalles mit der Lage der Meßpunkte.

Bild Nr. 3

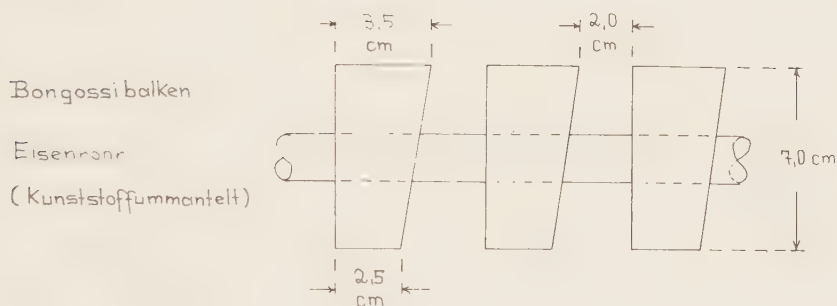
Grundriß des Spaltenbodenstalles Nr. 1 mit Lage der Meßpunkte.



Der Boden in diesem Maststall besteht aus 220 cm langen Bongossibalken (= Afrikanische Eiche), die durch kunststoffummantelte Eisenrohre zu Rosten zusammengefaßt werden. Als Auflage dienen Betonträger. Die Balken haben eine Höhe von 7 cm, eine obere Breite von 3,5 cm und eine untere Breite von 2,5 cm. Die Spaltenweite beträgt 2 cm. Das nächste Bild zeigt diesen Aufbau.

Bild Nr. 4

Querschnitt durch drei Bongossibalken des Spaltenbodens Nr. 1

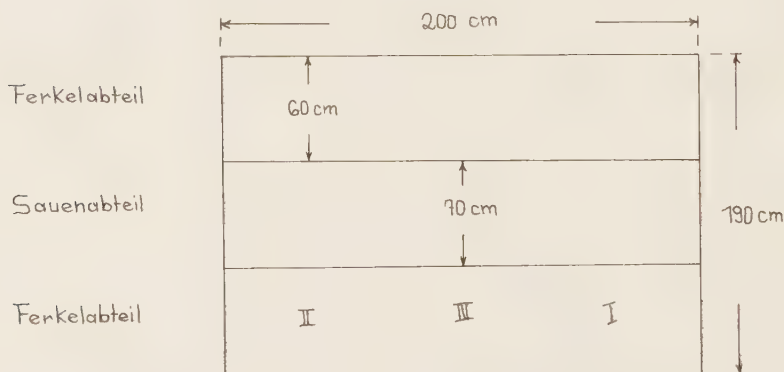


Die weiteren Versuche wurden in dem Abferkelstall Nr. 2 mit drei Buchten durchgeführt. Die Wände zeigen von außen nach innen den Aufbau: 0,6 cm Hartfaserplatte, ungefähr 4 cm Luftraum, 3 cm Styroporplatte und 0,6 cm Hartfaserplatte. Zusätzlich ist auf der Innenseite bis in eine Höhe von etwa 120 cm eine Verkleidung aus Internitplatten angebracht. Die Decke besteht aus 0,6 cm Hartfaserplatten mit einer Styroporauflage von 3 cm. Der Stall ist ungefähr 8,70 m lang, 3,70 m breit und besitzt eine durchschnittliche Innenhöhe von 2,15 m. Er wird durch zwei Innenwände in drei Räume unterteilt, von denen jeder mit einer eigenen Klimaanlage versehen ist. Die eigentliche Abferkelbucht ist 2 m lang und 1,90 m breit. Dabei be-

findet sich in der Mitte das 70 cm breite Sauenabteil und rechts und links je ein 60 cm breites Ferkelabteil. Die Wände bestehen aus 2,5 cm starken Eichenbrettern. Das folgende Bild zeigt diesen Stall.

Bild Nr. 5

Grundriß der Abferkelbuchten in Stall Nr. 2 mit Lage der Meßpunkte.



Der Bodenaufbau in der Abferkelbucht 2 sieht folgendermaßen aus: Die Liegefläche ist durch ein Eisengestell im Durchschnitt 10 cm über den mit Gefälle verlegten Betonboden angehoben. Sie besteht aus 4 cm starken Eichenbohlen, welche auf 6 cm starken Längsträgern aus Eichenholz verlegt sind. Darauf liegt eine 0,5 cm starke genoppte Gummimatte mit 1 - 2 mm Mistrückstand. Das Bild Nr. 6 zeigt diesen Aufbau.

Bild Nr. 6

Aufriß der Abferkelbucht 2 ohne Einstreu in Bodennähe.

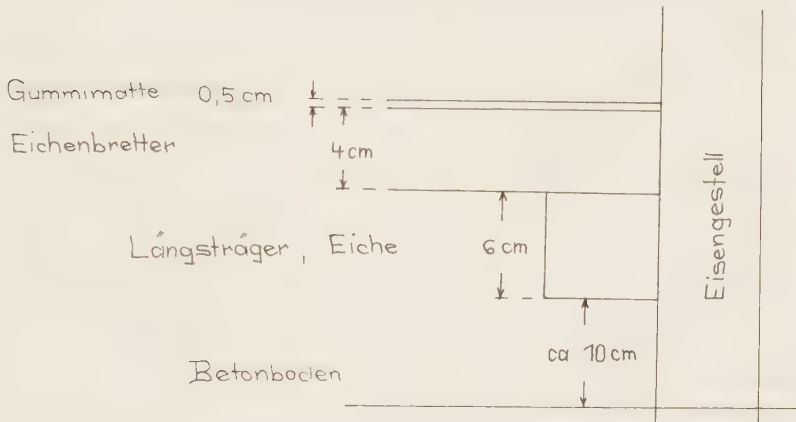
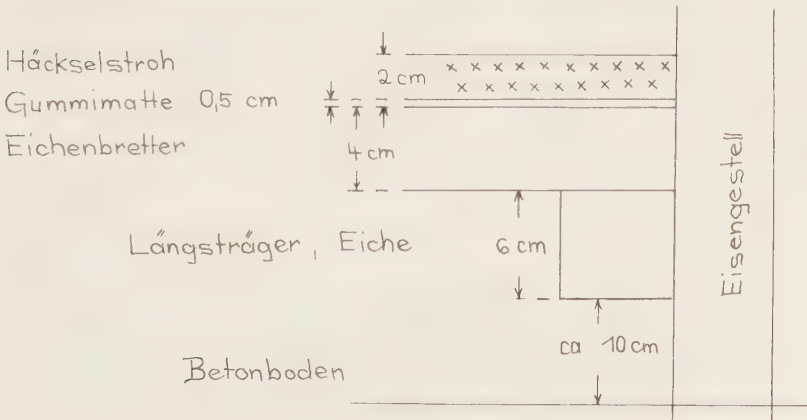


Bild Nr. 7

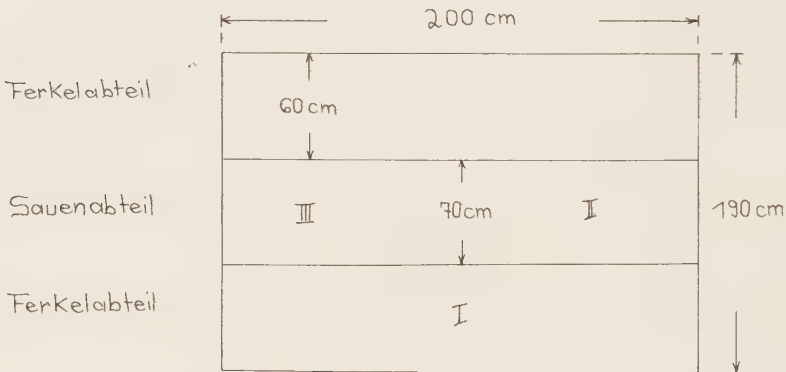
Aufriß der Abferkelbucht 2 mit 2 cm Einstreu (Häckselstroh).



In der anschließend untersuchten Abferkelbucht 3 ist der Bodenaufbau genauso wie in Bucht 2 (siehe Bild Nr. 6). Die Lage der Meßpunkte ist im nächsten Bild wiedergegeben.

Bild Nr. 8

Grundriß der Abferkelbucht 3 in Stall Nr. 2 mit Lage der Meßpunkte.

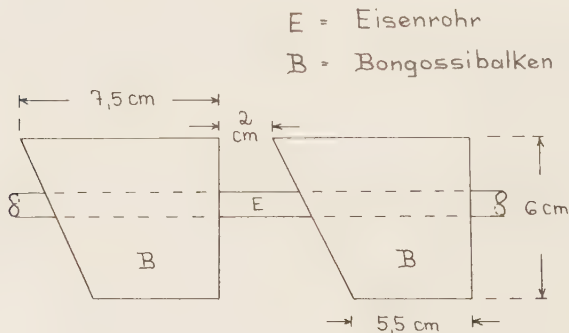


weitere Versuche wurden in einem aus Fertigbauteilen erstellten Stall mit den Maßen 25,5 x 12,4 x 4,5 m durchgeführt. Das Gerüst bilden je 6 Träger an der Längsseite und je 2 Träger an der Breitseite des Baues. Die 11 cm starken Wände sind von außen nach innen wie folgt zusammengesetzt: Eternit 0,6 cm, Luftraum 2 cm, Plastikfolie, Glaswolle 8 cm, Plastikfolie, Internit 0,4 cm. Der Luftraum steht mit der Außenluft in Verbindung und soll eine Durchfeuchtung der Wand verhindern. Das Satteldach hat eine Neigung von 12° und ist mit Welleternitplatten abgedeckt. Die Zwischendecke besteht von oben nach unten aus 8 cm Glaswolle, Plastikfolie und 0,4 cm Internit. Innen ist das Gebäude in den Abferkelstall Nr. 3, den Maststall Nr. 4 und eine dazwischenliegende Futterkammer aufgeteilt.

Der Spaltenboden im Abferkelstall Nr. 3 besteht aus Bongossibalken von 2,10 m Länge, 7,5 cm oberer Breite, 5,5 cm unterer Breite und 6 cm Stärke, die jeweils an einer Seite nach unten abgeschrägt sind (um einen besseren Kotdurchgang zu erreichen) und in 2 cm Abstand verlegt sind. Der gleichmäßige Abstand wird durch zwischengelegte Hölzchen aus Bongossi gewährleistet. Je 7 Balken sind durch Eisenrohre zu Rosten zusammengefaßt, die mit ihren Stirnseiten auf den Mauern der Schwemmkäule aufliegen. Das nächste Bild zeigt diesen Aufbau.

Bild Nr. 10

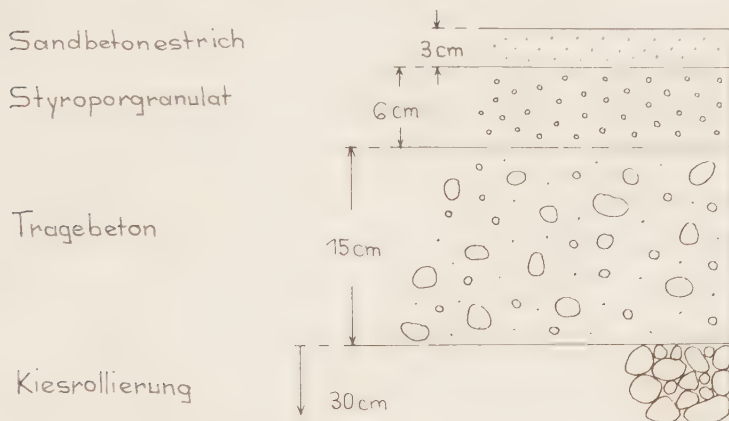
Querschnitt durch 2 Bongossibalken im Abferkelstall Nr. 3



Die 45 cm breite Betonfläche, die zwischen dem Futtergang und dem Bongossispaltenboden angeordnet ist, wird von den Tieren teilweise als Stand- bzw. Liegefläche genutzt. Sie ist daher mit einer Isolierschicht versehen. Den Aufbau: 3 cm Sandbetonestrich, 6 cm Styropor, 10 cm Tragbeton, 30 cm Kiesrollierung zeigt das folgende Bild.

Bild Nr. 11

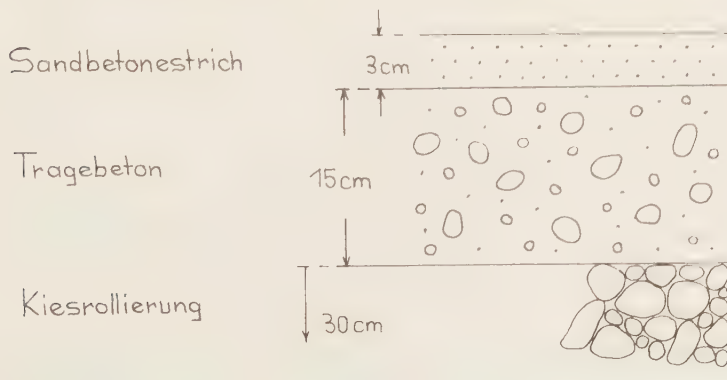
Aufriß der Betonliegefläche im Abferkelstall Nr. 3



Der Boden im Futtergang des Abferkelstalles Nr. 3 ist im Gegensatz zur Liegefläche nicht isoliert. Der Aufbau: 3 cm Sandbetonestrich, 10 cm Tragbeton, 30 cm Kiesrollierung ist im nächsten Bild wiedergegeben.

Bild Nr. 12

Aufriß des Betonbodens im Futtergang von Abferkelstall Nr. 3



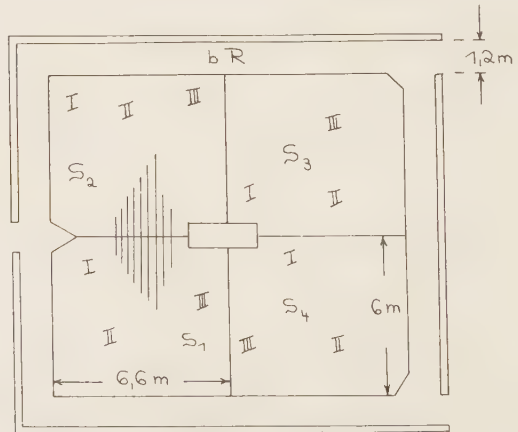
Der Maststall Nr. 4 weist bei einer Höhe von 2,15 m eine Gesamtfläche von 15,85 x 11,75 m auf, wobei die als Vollspaltenboden ausgelegte reine Nutzungsfläche 14,70 x 10,50 m beträgt. Diese Fläche ist durch 1 m hohe Bretterwände mit Metallrohr-rahmen in vier gleich große Buchten unterteilt. Die Schwemmentmigungsanlage in diesem Stall besteht aus 10 parallel zur Längswand verlaufenden Kanälen, auf deren 15 cm starken Betonwänden der Bongossispaltenboden verlegt ist. Die Belüftungsanlage entspricht derjenigen im Abferkelstall Nr. 3. Das folgende Bild zeigt die Einteilung dieses Stalles.

Bild Nr. 13

Grundriß des Maststalles Nr. 4 in Bodenhöhe mit Lage der Meßpunkte.

bR =
betonierter Rundgang

S = Spaltenboden

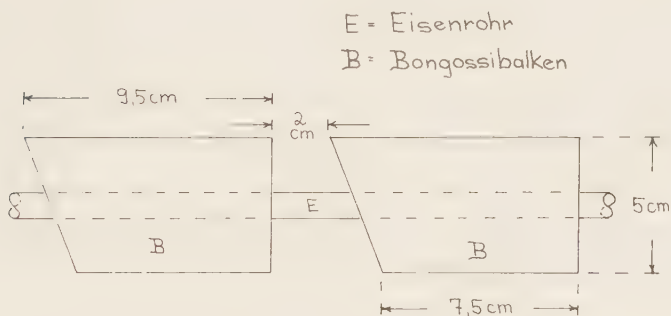


Der Boden im Maststall Nr. 4 besteht aus Bongossibalken von 2 m Länge, 9,5 cm oberer Breite, 7,5 cm unterer Breite und

5 cm Stärke, die wie im Abferkelstall Nr. 3 einseitig nach unten abgeschrägt sind und in 2 cm Abstand verlegt sind. In diesem Stall werden jeweils 5 Balken zu Rosten zusammengefaßt, die wiederum auf Betonträgern aufliegen. Das anschließende Bild zeigt den Bodenaufbau.

Bild Nr. 14

Querschnitt durch 2 Bongossibalken im Maststall Nr. 4

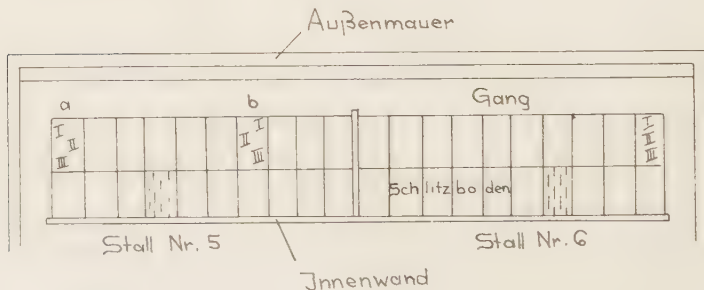


Weitere Versuche wurden in zwei spiegelbildlich gleich aufgebauten Mastställen Nr. 5 und Nr. 6 durchgeführt, die so in dem ehemaligen Pferdestall errichtet sind, daß dessen 40 cm starke Außenmauer eine Längswand bildet, während zwei 30 cm starke Quermauern als Seitenwände dienen. Die innere Längswand besteht von außen nach innen aus einer 0,6 cm dicken Hartfaserplatte, 4 cm Luftschicht, 3 cm Styropor und einer 0,6 cm dicken Hartfaserplatte. Die vom Pferdestall vorgege-

benen Mauern erhielten eine 3 cm starke Styroporisolierung und eine Innenverkleidung aus 0,6 cm Hartfaserplatten. Der Deckenaufbau ist genauso. Jeder Stall ist 10,5 m lang, 4,3 m breit und 2,2 m hoch und mit 10 Schweineboxen ausgestattet. Diese haben eine Grundfläche von 2,95 x 0,90 m. Ihre Wände sind 90 cm hoch und aus 2,5 cm starken Eichenbrettern gefertigt. Die Boxen sind derart auf einem 6 cm starken Eisengerüst angebracht, daß zwischen dem Boxenboden und dem betonierten Stallboden ein Luftraum von 18 - 20 cm bleibt. Der hintere, über dem Schwemmistkanal gelegene Teil des Boxenbodens besteht aus einer 0,3 cm starken Stahlplatte mit 15 cm langen und 2 cm breiten Schlitzfenstern. Das folgende Bild zeigt die beiden Ställe.

Bild Nr. 15

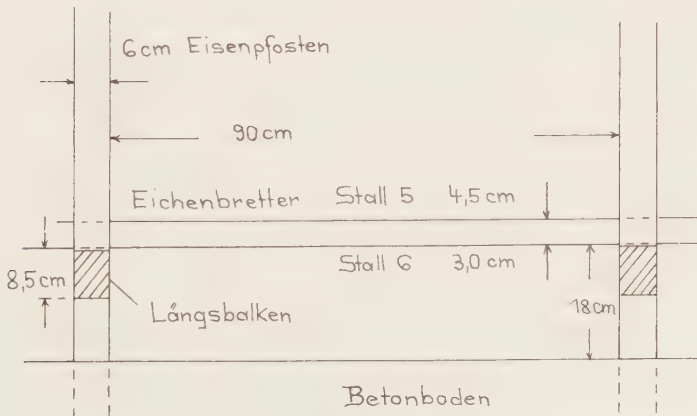
Grundriß der Mastställe Nr. 5 und Nr. 6 in Bodenhöhe mit Lage der Meßpunkte.



Die von der inneren Längswand gebildete Rückwand des Stalles ist 1,5 m hoch mit Eternitplatten versehen. Die Entlüftung der beiden Ställe erfolgt jeweils über zwei Ventilatoren und zwei Schächte, deren Einlaßöffnung sich in 1,15 m Höhe über dem Schwemmkanal befindet. Für eine gleichmäßige Erwärmung sorgen in jedem Stall ein Gasofen und ein Raumlüfter. Als eigentliche Liegefläche dienen im Maststall Nr. 5 Eichenbohlen von 4,5 cm Stärke, die quer verlegt sind und auf 8,5 cm hohen Längsbalken aufliegen. Im Maststall Nr. 6 handelt es sich um neu verlegte, 3 cm starke Eichenbretter. Das nächste Bild zeigt den Aufbau einer Bucht aus diesen Ställen.

Bild Nr. 16

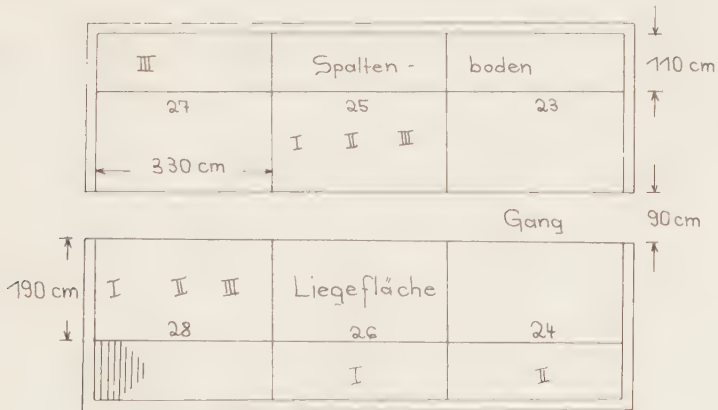
Aufriß einer Mastbucht aus den Ställen Nr. 5 und Nr. 6 in Bodennähe.



Die nächsten Versuche gelten einem neu errichteten Schweinemaststall mit einem Satteldach aus Welleternitplatten und den Grundmaßen 37,40 x 7,50 m, sowie einer Innenhöhe von durchschnittlich 2,10 m über den Liegeflächen und 2,20 m über den Spaltenböden. Der Wandaufbau ist von außen nach innen: 2 cm wasserfeste Preßspanplatten, ca 2 cm Hohlraum, 5 cm Steinwollplatten zur Isolation, Plastikfolie als Dampfsperre und 2 cm wasserfeste Preßspanplatten. Innen sind zum Schutz der Wände 70 cm hohe Eternitplatten aufgeschraubt. Die Zwischendecke besteht aus Preßspanplatten mit aufgelegten Glaswollmatten von 5 cm Stärke. Innen ist das Gebäude in die 2 Vormastställe Nr. 7 und 8 und die 2 Hauptmastställe Nr. 9 und 10 sowie den dazwischen gelegenen Kontrollraum für Heizung, Lüftung usw. aufgeteilt. Die Länge beträgt bei Stall Nr. 7 7,35 m, bei Stall Nr. 8 7,40 m, beim Kontrollraum 1,65 m und bei Stall Nr. 9 und 10 je 10,30 m. Die Lüftung ist als Zwangslüftung gebaut, wobei die Frischluftzufuhr in allen Fällen über ein Kanalsystem erfolgt, das über dem Futtergang aufgehängt ist. In Stall Nr. 7 und 10 sind zusätzlich Ventilatoren mit Jalousien in beide Längswände eingelassen, und zwar in Stall Nr. 7 zwei Stück und in Stall Nr. 10 vier. In diesen Ställen wird die verbrauchte Luft durch zwei (Stall Nr. 7) bzw. vier (Stall Nr. 10) Ventilatoren abgeführt, die ebenfalls in der Längswand, aber knapp über dem Spaltenboden angebracht sind. Im Gegensatz dazu wird in den Ställen Nr. 8 und 9 die Abluftbeseitigung durch zwei bzw. vier Ventilatoren in Unterflurbauweise bewerkstelligt. Gemeinsam ist allen vier

Ställen ein 90 cm breiter Mittelgang. Die Unterteilung in Buchten geschieht durch verschiebbare Eisenrohrgitter. Vom Mittelgang aus erfolgt über Automaten und Vorratsbehälter die Fütterung. Daran schließen sich die stets 1,90 m breiten Liegeflächen an. Die als Mistplatz dienenden, jeweils 1,10 m breiten Spaltenbodenflächen liegen an den Außenmauern über dem dort verlaufenden Schwemmistkanal. Das nächste Bild zeigt die Aufteilung des Hauptmaststalles Nr. 10. Bild Nr. 17

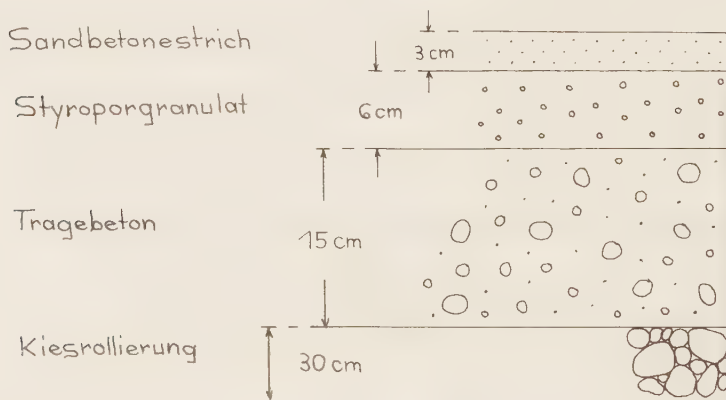
Grundriß des Hauptmaststalles Nr. 10 in Bodenhöhe mit Lage der Meßpunkte.



Der Boden im Hauptmaststall Nr. 10 besteht einheitlich aus den Schichten: 3 cm armierter Sandbetonestrich, 6 cm Styroporgranulat, 15 cm Magerbeton und 30 cm Kiesrollierung. Das gleiche gilt für den Stall Nr. 9. Das folgende Bild zeigt diesen Aufbau.

Bild Nr. 18

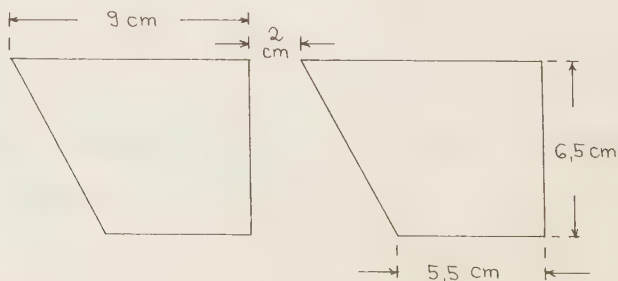
Aufriß der Betonliegeflächen im Hauptmaststall Nr. 9 und 10.



Ein weiterer Versuch betrifft den Betonspaltenboden in den Buchten 26, 24 und 27. Derselbe Boden ist im ganzen Gebäude als Mistplatz verlegt. Es handelt sich um vorgefertigte Roste aus Balken von 1,10 m Länge, 9 cm oberer Breite, 5,5 cm unterer Breite und 6,5 cm Höhe, die jeweils einseitig nach unten abgeschrägt und an den Enden verbunden sind: siehe Bild Nr.19.

Bild Nr. 19

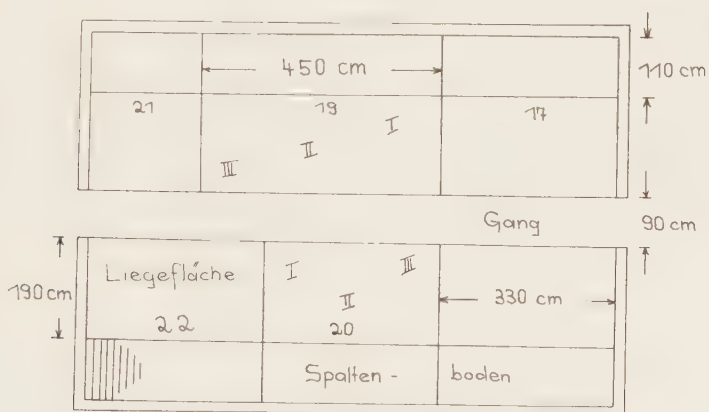
Querschnitt zweier Betonbalken des Spaltenbodens.



Die nächsten Versuche finden in den Buchten 20 und 19 des Hauptmaststalles Nr. 9 statt. Dieser gleicht in seinem Aufbau bis auf geringe Unterschiede in der Buchtenverteilung dem Hauptmaststall Nr. 10. Auch der Bodenaufbau ist derselbe (vergleiche Bild Nr. 18). Die folgende Skizze zeigt die Anordnung der Meßstellen.

Bild Nr. 20

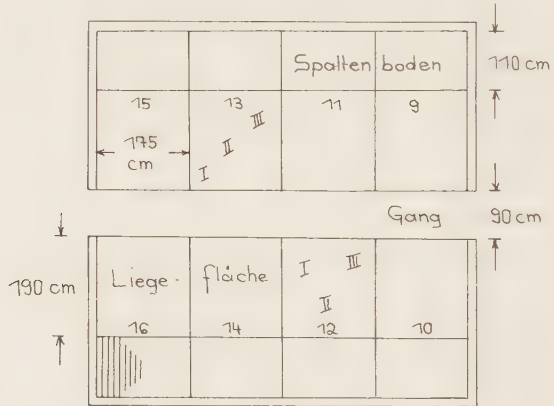
Grundriß des Hauptmaststalles Nr. 9 in Bodenhöhe mit Lage der Meßpunkte.



Der Stall Nr. 8, in dem die folgenden Versuche durchgeführt werden, ist für Läufer bestimmt. Dem entsprechen seine geringeren Gesamt- und Buchtenabmessungen. Das nächste Bild zeigt die Raumaufteilung und die Lage der Meßstellen in diesem Vormaststall.

Bild Nr. 21

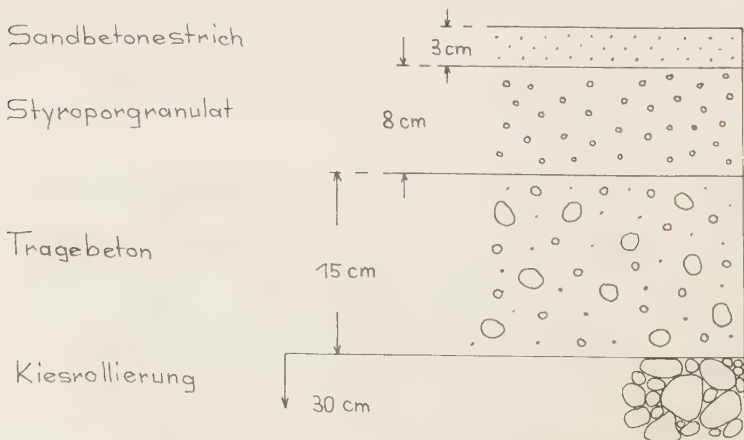
Grundriß des Vormaststalles Nr. 8 in Bodenhöhe mit Lage der Meßpunkte.



Dem erhöhten Wärmebedürfnis der Läufer ist auch im Bodenaufbau Rechnung getragen. Die Schichten des Bodens sind hier: 3 cm armierter Sandbetonestrich, 8 cm Styroporgranulat, 15 cm Tragbeton und 30 cm Kiesrollierung: siehe Bild Nr. 22

Bild Nr. 22

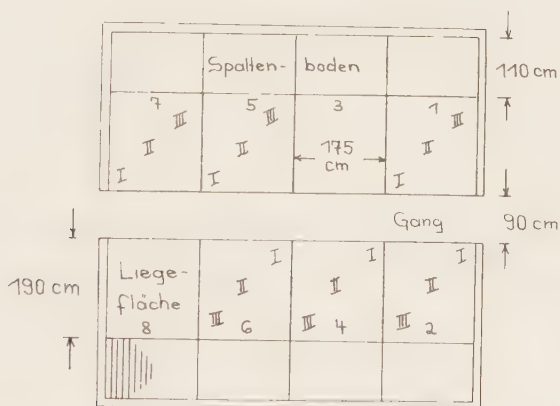
Aufriß der Betonliegeflächen im Vormaststall Nr. 8.



Weitere Versuche gelten den Liegeflächen im Vormaststall Nr. 7. Dieser weist dieselbe Einteilung auf wie der Stall Nr. 8 und ist für Absatzferkel und Läufer vorgesehen. Das folgende Bild verdeutlicht die Lage der Meßpunkte.

Bild Nr. 23

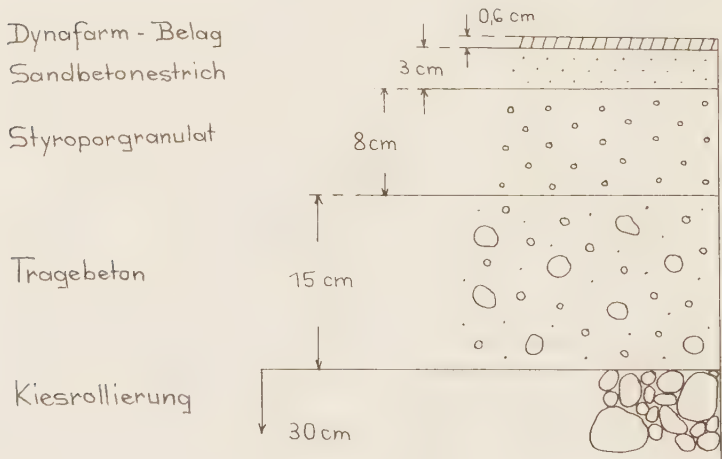
Grundriß des Vormaststalles Nr. 7 in Bodenhöhe mit Lage der Meßpunkte.



Der Bodenaufbau im Vormaststall Nr. 7 ist zunächst genauso wie in Stall Nr. 8. In den Buchten 1, 3, 5 und 7 ist jedoch zusätzlich eine 0,6 cm starke Schicht des Kunststoffbelages Dynafarm der Firma Dynamit-Nobel aufgebracht. Ein Querschnitt durch die Liegefläche ergibt also von oben nach unten: 0,6 cm Dynafarm, 3 cm armierter Sandbetonestrich, 8 cm Styropor, 15 cm Tragbeton und 30 cm Kiesrollierung. Das nächste Bild zeigt diesen Bodenaufbau.

Bild Nr. 24

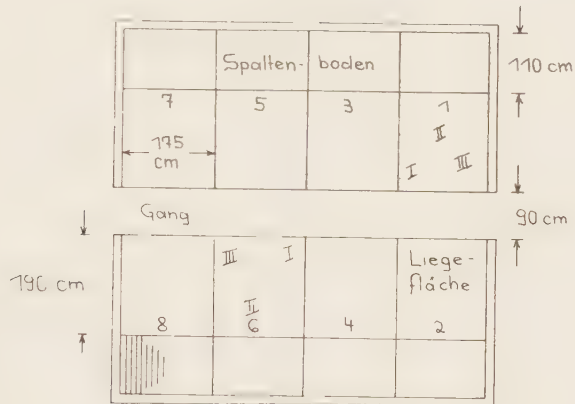
Aufriß der Betonliegeflächen in den Buchten 1, 3, 5 und 7
des Vormaststalles Nr. 7.



Die beiden folgenden Versuche finden in Bucht 1 und 6 des
Vormaststalles Nr. 7 statt. Der Bodenaufbau ist unverän-
dert (siehe Bild Nr. 24 bzw. Bild Nr. 22). Das anschlie-
ßende Bild veranschaulicht die Lage der Meßpunkte bei die-
sen Versuchen.

Bild Nr. 25

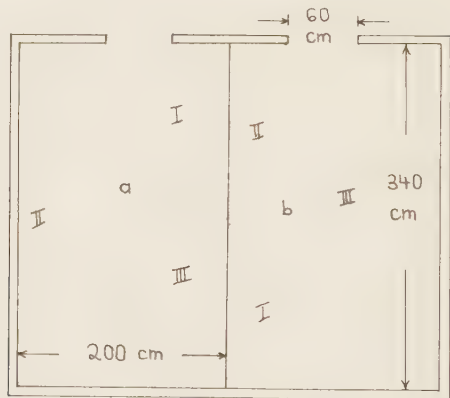
Grundriß des Vormaststalles Nr. 7 mit Lage der Meßpunkte.



Der letzte Versuch befaßt sich mit der Liegefläche einer im Freien stehenden Zuchtsauenhütte Nr. 11. Diese ist in vier Einzelbuchten mit davorliegendem, betoniertem Auslauf unterteilt. Die Hütte hat ein Pultdach aus Well eternitplatten. Der Wandaufbau ist von außen nach innen: 0,6 cm Eternit, etwa 2 cm Hohlraum, 5 cm Glaswolle in Bahnen und 0,6 cm Hartfaserplatten. Innen sind als Fraßschutz zusätzlich 1 m hohe und 0,6 cm dicke Eternitplatten angebracht. Die Decke aus 0,6 cm Hartfaserplatten ist ebenfalls mit 5 cm Glaswolle abisoliert. Die Trennwände zwischen den Buchten bestehen aus armiertem Beton. Die Grundmaße einer Bucht betragen 3,4 x 2 m. Die durchschnittliche Höhe liegt bei 1,8 m. Das nächste Bild zeigt 2 Buchten aus dieser Zuchtsauenhütte.

Bild Nr. 26

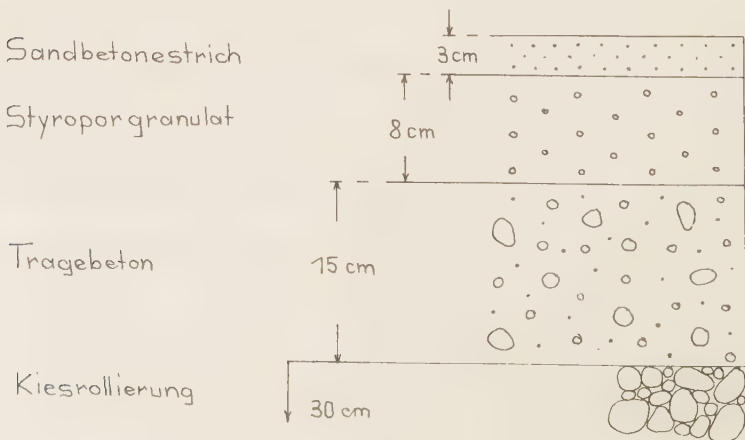
Grundriß zweier Buchten der Zuchtsauenhütte Nr. 11 in Bodenhöhe mit Lage der Meßpunkte.



Der Bodenaufbau in den Buchten: 3 cm armierter Sandbetonestrich, 8 cm Styroporgranulat, 15 cm Tragbeton und 30 cm Kiesrollierung ist im nächsten Bild wiedergegeben.

Bild Nr. 27

Aufriß des Bodens in der Zuchtsauenhütte Nr. 11



2. Die verwendeten Geräte.

Der bei den Versuchen verwendete Prüfheizkörper ist eine Sonderausführung des Colora-Ultra-Thermostaten Type K als thermostatischer Prüfheizkörper. Er besteht aus einem zylindrischen Wassergefäß von 150 mm Durchmesser und etwa 150 mm Höhe, dessen Boden eine elastische 0,3 - 0,4 mm dicke Gummihaut bildet, die sich unter dem Wasserdruck an die Fußbodenoberfläche anschmiegt. Ein Thermostat mit Rührwerk, der zweckmäßig in das Wassergefäß eingebaut ist, gestattet eine Temperaturkonstanz des Wassers im Wassergefäß von $\pm 0,02$ °C.

Als Prüfgerät diente dabei der Folien-Wärmestrommesser Fu 31 mit einer Meßfläche von 30 mm x 30 mm und einer Dicke von 0,35 mm. Dieser besteht aus hintereinandergeschalteten lötkopffreien Thermoelementen (Konstantanband 0,05 x 0,7 mm galvanisch verkupfert) welche zwischen zwei Schichten aus Glasfasergewebe eingebracht sind, das durch Imprägnierung mit dem 2-Komponenten-Kleber Aralait eine genügende Steifigkeit und Temperaturbeständigkeit erhält. Dazu gehört das elektronisch gesteuerte Zählgerät Nr. 504 nach C a m - m e r e r (10) mit drei getrennten Zählwerken für eine, drei und zehn Minuten. Das Zählgerät ist für die Zählzeiten 3 Minuten und 10 Minuten mit einer Grundzählung ausgestattet, damit auch bei den sehr kleinen Meßwerten, die sich bei dem mit der Zeit stark abfallenden Wärmefluß ergeben, eine lineare Zählercharakteristik erreicht wird. Diese Grund-

zählung ist als additiver Zuschlag in den Zählwerten enthalten und muß vor der Auswertung der Meßergebnisse abgezogen werden. Das Meßprinzip besteht darin, daß der zu messende Wärmefluß an einer Meßschicht von bestimmter Dicke, Wärmeleitfähigkeit und Mitteltemperatur eine Temperaturdifferenz hervorruft, die dem gesuchten Wärmefluß eindeutig zugeordnet ist. Die von ihr induzierte Spannung wird anhand einer Serienschaltung von Thermoelementen ermittelt. Aus der gemessenen Thermospannung kann durch Multiplikation mit einem Eichfaktor der gesuchte Wärmefluß errechnet werden. Als Kennzeichnung der Ansprechempfindlichkeit von Wärmestrommessern kann die "spezifische Thermokraft" benutzt werden, das ist die angezeigte elektromotorische Kraft (EMK) der eingebauten Thermoelemente in Mikrovolt, bezogen auf den Wärmefluß von $1 \text{ kcal/m}^2\text{h}$. An das Mikrovoltmeter ist die Zähleinrichtung angeschlossen, um die Ablesung des zeitlichen Verlaufs der Wärmestromdichte zu vereinfachen und genauer zu machen. Wegen der Kleinheit der gemessenen Spannungen (in Mikrovolt) ist die Verwendung einer elektronischen Steuerung für die Zählwerke vorteilhaft.

Zur Messung der relativen Luftfeuchte wurde das Hygrophil-Gerät der Firma Ultrakust verwendet. Es arbeitet nach dem psychrometrischen Prinzip. Als Meßelemente dienen 2 Temperaturfühler aus Germanium-Halbleitern. Germanium ist ein Elektronenleiter, dessen Elektronendichte stark temperaturabhängig ist. Diese Eigenschaft und die geringe Masse der Halbleiterfühler ermöglichen eine genaue und schnelle Messung. Das

handliche Gerät hat die Form einer Pistole. Den "Lauf" bildet das Luftansaugrohr, während im Schaft ein kleiner Ventilator und die zum Betrieb notwendigen Batterien untergebracht sind. Von den im Luftansaugrohr montierten Temperaturfühlern ist der eine mit einem Baumwolldocht überzogen, welcher durch ein im "Vorschaft" befindliches Wasserbehältnis dauernd feucht gehalten wird. Am "Pistolengriff" liegen drei Paar Drucktasten, die den drei Meßbereichen des Gerätes (insgesamt von -10°C bis $+80^{\circ}\text{C}$) entsprechen. Bei Betätigung kann man die "trockene" bzw. "feuchte" Temperatur an einem durch ein Kabel mit dem "Pistolenschaft" verbundenen Anzeigerät ablesen. Aus diesen Meßwerten errechnet man die relative Luftfeuchte anhand eines Spezialrechenschiebers. Die Herstellerfirma garantiert, daß die Anzeigen eine Fehlerbreite von 0,5 % nicht überschreiten.

Zur Feststellung der Lufttemperatur wurde die "Trockentemperatur" des Hygrophil-Gerätes herangezogen.

Die Oberflächenfeuchte wurde mit einem auflege-Haarhygrometer der Firma Lambrecht ermittelt. Dieses wurde vor jedem Versuch mit dem Hygrophil-Gerät geeicht, indem es etwa eine halbe Stunde frei im Raum aufgehängt und dann auf den Wert eingestellt wurde, den das Hygrophil-Gerät im selben Bereich anzeigte.

Zur Messung der Oberflächentemperatur diente ein auflegethermometer der Firma Lambrecht.

Die Luftbewegung im Bereich der Meßpunkte wurde mit einem Thermischen Anemometer der Firma Lambrecht festgestellt. Das

Gerät besteht aus einer wahlweise mit Batterien oder Wechselstrom betriebenen Anzeigestation und einer Meßsonde mit fußseitig eingeführter Verbindungsleitung. An ihrer Spitze hängt zwischen zwei Stegen ein als Meßelement dienender NTC-Widerstand. Dieser bildet mit drei in der Anzeigestation befindlichen Widerständen eine Wheatstonesche Brücke. Die Aufheizung des Meßwiderstandes (auf 200°C) erfolgt durch den Brückenstrom so lange, bis bei ruhender Luft der Strom, welcher durch das im Diagonalzweig der Brücke liegende Mikroammeter angezeigt wird, gleich Null ist. Sobald ein Luftstrom nun den Meßdraht trifft, sinkt dessen Temperatur, und sein Widerstand erhöht sich. Der resultierende Diagonalstrom wird am Anzeiger sichtbar. Durch eine Eichung kann damit direkt die Luftgeschwindigkeit abgelesen werden. Das Gerät eignet sich für den Meßbereich von ca $0,02 - 5 \text{ m/sec}$.

3. Die Versuchsanordnung.

Die Versuchs-Durchführung ist im wesentlichen durch die DIN 52614 - Bestimmung der Wärmeableitung von Fußböden (17) festgelegt. Zu den Vorbereitungen jedes Versuches gehört das Warmlaufenlassen und die Funktionskontrolle von Prüfheizkörper und Zählgerät sowie die Eichung des Haarhygrometers. Dann wird zur Ermittlung von Oberflächentemperatur und Oberflächenfeuchte das Thermometer und das Hygrometer an den vorgesehenen Meßstellen aufgelegt. Als nächstes folgt die Bestimmung von Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte und Luftge-

schwindigkeit im Meßbereich. Wenn die Prüfgeräte warmgelaufen sind, was in der Regel nach etwa 20 Minuten der Fall ist, wird die Oberflächentemperatur und die Oberflächenfeuchte abgelesen. Anschließend wird der Folie-Wärmestrommesser am Meßpunkt befestigt. Jetzt nimmt man den Prüfheizkörper mit dem Starterknopf des Zählgerätes in die Hand und setzt ihn mit einer zügigen Bewegung zentral auf den Wärmestrommesser. Im Moment der Berührung wird der Starterknopf betätigt. Die Zählwerke schalten selbsttätig nach 1, 3 und 10 Minuten ab. Dies wird an jeweils drei Meßpunkten durchgeführt. Die Auswertung eines Versuches geschieht folgendermaßen: Zunächst werden die Zählerstände abgelesen. Anschließend wird vom 3- und 10- Minutenwert die im Eichschein angegebene Grundzählung, nämlich 268 bzw. 1197, abgezogen. Dann wird aus den drei Messungen das Mittel für die Zeiten 1, 3 und 10 Minuten errechnet. Die so erhaltenen Zähleinheiten werden mit der Eichkonstanten f des Zählgerätes und dem C_{EMK} -Faktor des Wärmestrommessers multipliziert nach der Gleichung

$$W = C_{EMK} \cdot f \cdot ZE \quad (\text{kcal/m}^2)$$

Dabei wird das Produkt $C_{EMK} \cdot f$ der besseren Übersichtlichkeit halber als C-Faktor zusammengefaßt. Dabei bedeutet:

W = Wärmeableitung innerhalb der betreffenden Zeiteinheit,

C_{EMK} = Umrechnungsfaktor für die EMK des Wärmestrommessers
in den gesuchten Wärmefluß ($\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mV}_{EMK}$),

EMK = elektromotorische Kraft,

f = Eichkonstante des Zählgerätes = $0,000139 \text{ mV}_{\text{EMK}} \text{ h/ZE}$.

Bei dem verwendeten Folien-Wärmestrommesser beträgt der C_{EMK} -Faktor für die im Prüfheizkörper eingestellte Mitteltemperatur von 33°C 554. Daraus ergibt sich für den C-Faktor die Größe

$$C = C_{\text{EMK}} \cdot f = 554 \cdot 0,000139 = 0,077$$

Die Formel zur Berechnung der Wärmeableitung bei der gemessenen Oberflächentemperatur lautet demnach:

$$W = ZE \cdot 0,077$$

Die Umrechnung der bei $x^{\circ}\text{C}$ erhaltenen Wärmeableitung auf 18°C erfolgt nach der Formel:

$$W_{18^{\circ}\text{C}} = \frac{W_x \cdot 15}{(33 - x)} \text{ kcal/m}^2$$

Beispiel:

$$W_{16^{\circ}\text{C}} = 5,63 \text{ kcal/m}^2;$$

$$W_{18^{\circ}\text{C}} = \frac{5,63 \cdot 15}{(33 - 16)} \text{ kcal/m}^2;$$

$$W_{18^{\circ}\text{C}} = 4,96 \text{ kcal/m}^2.$$

II. Versuche und Versuchsergebnisse.

Die Versuche sind in der Reihenfolge der Ställe angeordnet, in welchen sie durchgeführt wurden. Nach einer kurzen Einführung in die jeweilige Problemstellung folgen die Meßwerte und zur besseren Übersicht eine graphische Darstellung der auf 18 °C (= Normtemperatur nach DIN 52614) umgerechneten Wärmeableitung nach 1, 3 und 10 Minuten. Anschließend wird in einigen Sätzen das Versuchsergebnis erläutert. Bei Gegenüberstellung von Wärmeableitungswerten (in kcal/m²) im Text ist, sofern nichts anderes erwähnt wird, der 10-Minuten-Wert verwendet. Für das Wort Wärmeableitung wird der Kürze halber das Zeichen WA gebraucht.

Versuch Nr. 1 im Maststall Nr. 1

Dieser Maststall war vor den Versuchen schon längere Zeit in Betrieb. Die rechte Stallhälfte, in welcher der Versuch durchgeführt wurde, stand seit einigen Tagen leer, während die linke Stallhälfte dauernd, auch während des Versuchs belegt war. Der Boden in diesem Maststall ist ein Spaltenboden aus schmalen Bongossibalken mit Betonträgern als Endauflage: siehe Bild Nr. 4. Der Folien-Wärmestrommesser wurde jeweils so aufgelegt, daß die Thermoelemente vollständig auf den Balken zu liegen kamen. Die Lage der Meßpunkte ist in Bild Nr. 3 wiedergegeben. Die anschließende Tabelle enthält die ermittelten Meßwerte.

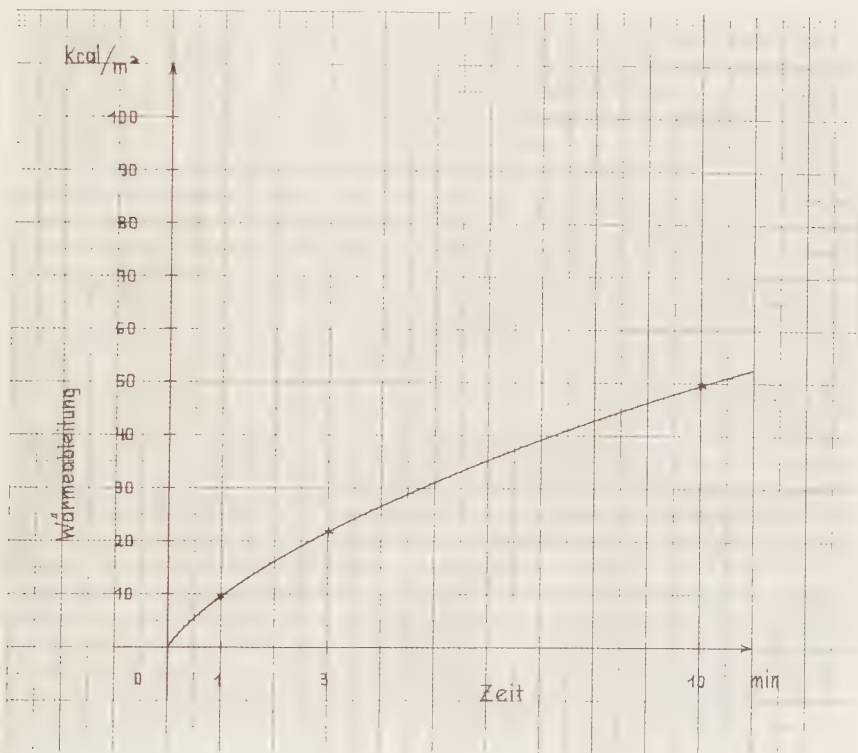
Tabelle Nr. 5 Meßwerte des Versuchs 1 in Stall 1

Lufttemperatur: 17 °C
 Luftbewegung: 0,1 - 0,2 m/sec
 relative Luftfeuchte: 25 %
 Oberflächentemperatur: 15 °C
 Oberflächenfeuchte: 30 %

Zeit	1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei 15 °C (kcal/m ²)	11,627	26,180	59,598
Wärmeableitung bei 18 °C (kcal/m ²) (= Normtemperatur)	9,689	21,816	49,665

Bild Nr. 28

Wärmeableitung des Bongossi-Spaltenbodens in Stall 1



Die WA von $49,665 \text{ kcal/m}^2$ dürfte mit durch die große Oberfläche der relativ schmalen Bongossibalken bedingt sein. Sie begünstigt eine Wärmeübertragung an die vorbeistreichende Luft durch Strahlung und Konvektion. Die Materialfeuchte spielt wahrscheinlich eine geringe Rolle, weil der Boden in den nutzungsfreien Tagen vor der Messung trocknen konnte.

Versuch Nr. 1 a/b im Abferkelstall Nr. 2

Diese beiden Versuche in der Bucht 2 des ebenfalls länger genutzten Abferkelstalles sollen einerseits die WA des mit einer Gummimatte belegten Eichenbretterbodens (a), andererseits den Einfluß einer Stroheinstreu (b) klären. Die Bedingungen sind bis auf geringe Unterschiede in der relativen Luftfeuchte und in der Oberflächenfeuchte dieselben. Die Lage der Meßpunkte ist in Bild Nr. 5 wiedergegeben, der Bodenaufbau geht für Versuch 1 a aus Bild Nr. 6 und für Versuch 1 b aus Bild Nr. 7 hervor. Während der Versuche waren die Nachbarbuchten belegt und die Klimaanlage des Stalles in Betrieb. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

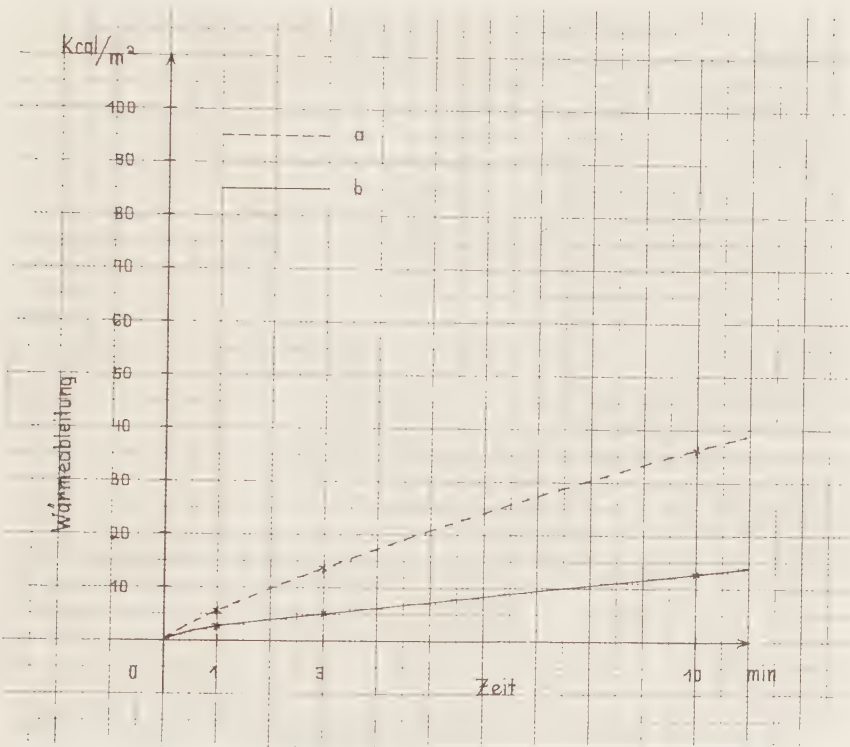
Tabelle Nr. 6 Meßwerte des Versuchs 1 a/b in Stall 2

Lufttemperatur: 17/17 °C
 Luftbewegung: 0,02 - 0,05 m/sec
 relative Luftfeuchte: 48/49 %
 Oberflächentemperatur: 15/15 °C
 Oberflächenfeuchte: 49/52 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
15/15 °C (kcal/m ²)	a)	6,776	16,401	43,264
	b)	3,311	6,006	15,477
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	5,674	13,501	36,053
(= Normtemperatur)	b)	2,795	5,005	12,896

Bild Nr. 29

Wärmeableitung des Eichenbretterbodens mit Gummibelag
von Versuch 1 a/b in Stall 2



Die WA des Eichenbretterbodens mit Gummibelag beträgt ohne Einstreu $36,053 \text{ kcal/m}^2$. Sie ist damit niedriger als die des Bongossipaltenbodens in Maststall 1. Die Materialfeuchte der Bretter dürfte durch den Schutz der Gummimatte gering sein. Daneben ist aufgrund der geringen Luftbewegung wohl nur die Strahlung von Bedeutung. Eine Stroheinstreu von 2 cm Dicke senkt die WA auf $12,896 \text{ kcal/m}^2$, das heißt, um etwa zwei Drittel. Stroh eignet sich also hervorragend zur Wärmedämmung.

Versuch Nr. 2 im Abferkelstall Nr. 2

Die gleichfalls untersuchte Bucht 3 im Abferkelstall Nr. 2 ist genauso aufgebaut, wie die Bucht 2. Durch diesen Versuch soll sichergestellt werden, daß die in Bucht 2 gemessenen Werte für einen Boden dieser Bauart keine Ausnahme darstellen. Während des Versuchs waren die Nachbarbuchten belegt und die Klimaanlage des Stalles in Betrieb. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 8. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 6 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

Tabelle Nr. 7 Meßwerte des Versuchs 2 in Stall 2

Lufttemperatur: 16 °C

Luftbewegung: 0,02 - 0,05 m/sec

relative Luftfeuchte: 52 %

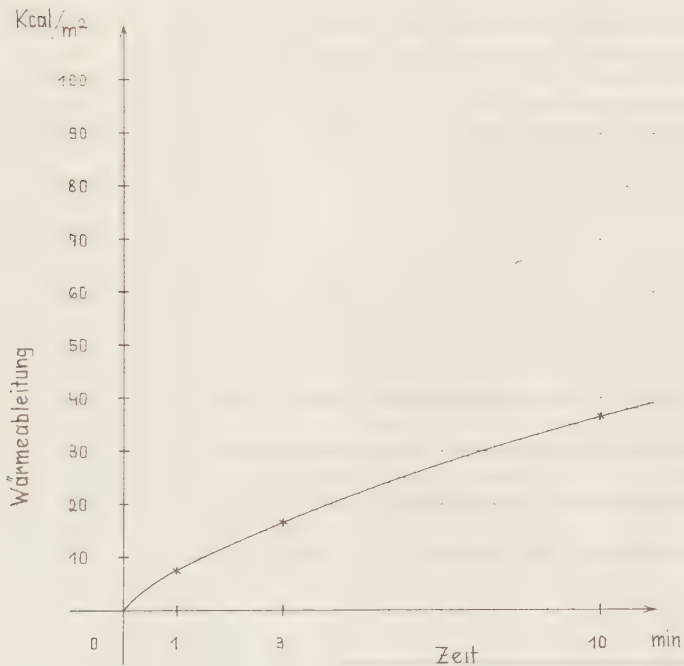
Oberflächentemperatur: 14 °C

Oberflächenfeuchte: 58 %

Zeit	1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei 14 °C (kcal/m ²)	9,933	20,944	46,200
Wärmeableitung bei 18 °C (kcal/m ²) (= Normtemperatur)	7,842	16,535	36,474

Bild Nr. 3

Wärmeableitung des Eichenbretterbodens mit Gummimatte
von Versuch 2 in Stall 2



Die gemessene WA des Eichenbretterbodens mit Gummimatte ist mit $36,474 \text{ kcal/m}^2$ nur geringfügig größer als die desselben Bodens von Bucht 2 ($36,053 \text{ kcal/m}^2$). Sie ist damit ebenfalls um beinahe ein Viertel günstiger als die WA des Bongossispaltenbodens im Maststall 1. Für Boden dieser Bauart kann also in Abferkelbuchten eine WA von rund $36,5 \text{ kcal/m}^2$ angenommen werden.

Versuch Nr. 1 a/b im Abferkeistall Nr. 3

In diesem Versuch wurde die WA des Bongossispaltenbodens kurz nach der Fertigstellung und nach zweijähriger Nutzung gemessen, um festzustellen, ob sich durch die Nutzung eine Verschiebung ergibt. Während der a-Messungen war ein Luft-erhitzer mit Ölfeuerung in Betrieb, welcher im Mittelgang stand und auf die linke Stallhälfte gerichtet war. Während der b-Messungen waren die Nachbarbuchten belegt. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 9. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 10 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

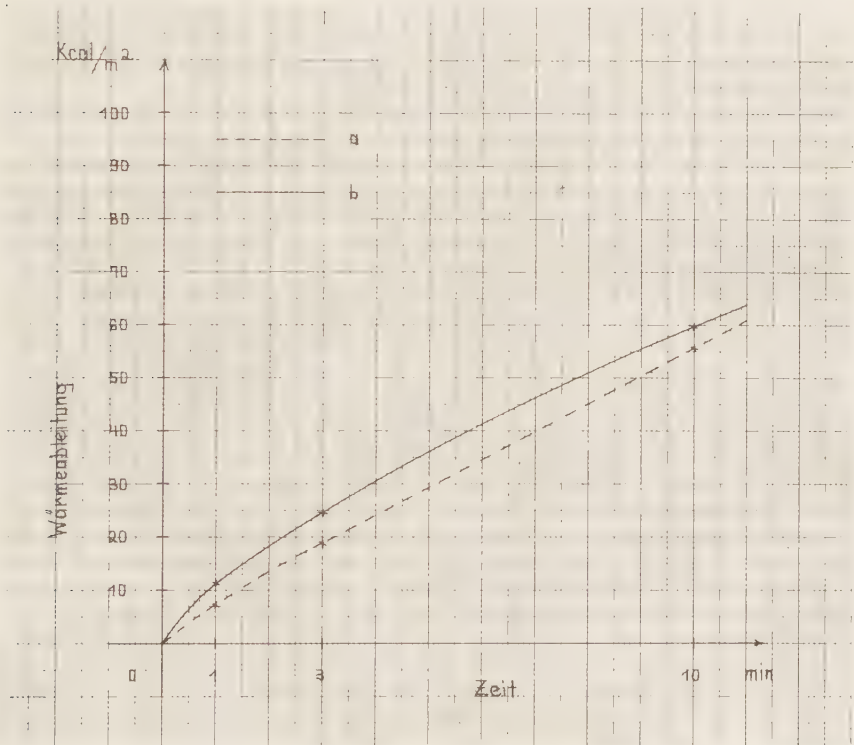
Tabelle Nr. 8 Meßwerte des Versuchs 1 a/b in Stall 3

Lufttemperatur: 11/16 °C
 Luftbewegung: 0,01 - 0,06 m/sec
 relative Luftfeuchte: 80/52 %
 Oberflächentemperatur: 9/13 °C
 Oberflächenfeuchte: 75/53 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
9/13 °C (kcal/m ²)	a)	11,550	30,261	89,166
	b)	15,169	32,725	70,532
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	7,219	18,913	55,728
(= Normtemperatur)	b)	11,376	24,543	59,899

Bild Nr. 31

Wärmeableitung des Bongossispaltenbodens von Versuch 1 a/b
in Stall 3



Die WA des Bongossispaltenbodens betrug im Neubauzustand $55,728 \text{ kcal/m}^2$. Nach fast zweijähriger Nutzung liegt sie bei $59,899 \text{ kcal/m}^2$. Das entspricht einer Erhöhung um ca 7,5 %. Der Kurvenverlauf deutet darauf hin, daß sich die WA nur in den oberen 2 - 3 cm des Balkens erhöht hat. Dafür dürfte ein höherer Feuchtigkeitsgehalt verantwortlich sein.

Versuch Nr. 2 a/b im Abferkelstall Nr. 3

In diesem Versuch wurde die WA des Bongossispaltenbodens kurz nach der Fertigstellung und nach zweijähriger Nutzung gemessen, um festzustellen, ob sich durch die Nutzung eine Verschiebung ergibt. Während der a-Messungen war ein Luft-erhitzer mit Ölfeuerung in Betrieb, welcher im Mittelgang stand und auf die linke Stallhälfte gerichtet war. Während der b-Messungen waren die Nachbarbuchten belegt. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 9. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 10 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

Tabelle Nr. 9 Meßwerte des Versuchs 2 a/b in Stall 3

Lufttemperatur: 11/16 °C

Luftbewegung: 0,01 - 0,05 m/sec

relative Luftfeuchte: 80/44 %

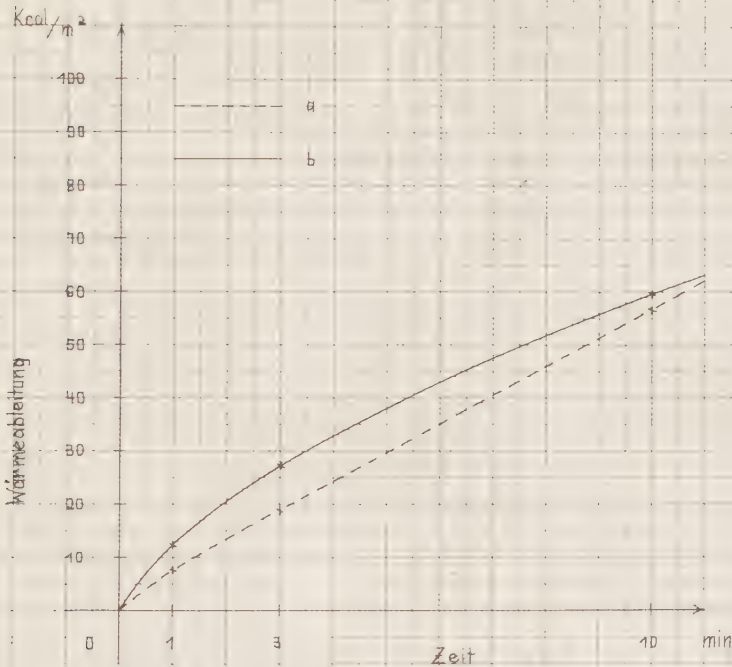
Oberflächentemperatur: 4/15 °C

Oberflächenfeuchte: 88/53 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
4/15 °C (kcal/m ²)	a)	13,783	36,653	109,570
	b)	15,015	32,725	71,610
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	7,129	18,952	56,674
	b)	12,512	27,270	59,675
(= Normtemperatur)				

Bild Nr. 32

Wärmeableitung des Bongossispaltenbodens von Versuch 2 a/b
in Stall 3



Die WA des Bongossispaltenbodens betrug im Neubauzustand $56,674 \text{ kcal/m}^2$. Nach fast zweijähriger Nutzung liegt sie bei $59,675 \text{ kcal/m}^2$. Das entspricht einer Erhöhung um ca 5,3 %. Der Kurvenverlauf deutet darauf hin, daß sich die WA nur in den oberen 2 - 3 cm des Balkens erhöht hat. Dafür dürfte ein höherer Feuchtigkeitsgehalt verantwortlich sein.

Versuch Nr. 3 a/b im Abferkelstall Nr. 3

In diesem Versuch wurde die WA des Bongossispaltenbodens kurz nach der Fertigstellung und nach zweijähriger Nutzung gemessen, um festzustellen, ob sich durch die Nutzung eine Verschiebung ergibt. Während der a-Messungen war ein Luft-erhitzer mit Ölfeuerung in Betrieb, welcher im Mittelgang stand und auf die linke Stallhälfte gerichtet war. Während der b-Messungen waren die Nachbarbuchten belegt. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 9. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 10 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

Tabelle Nr. 10 Meßwerte des Versuchs 3 a/b in Stall 3

Lufttemperatur: 9/16 °C

Luftbewegung: 0,01 - 0,05 m/sec

relative Luftfeuchte: 80/44 %

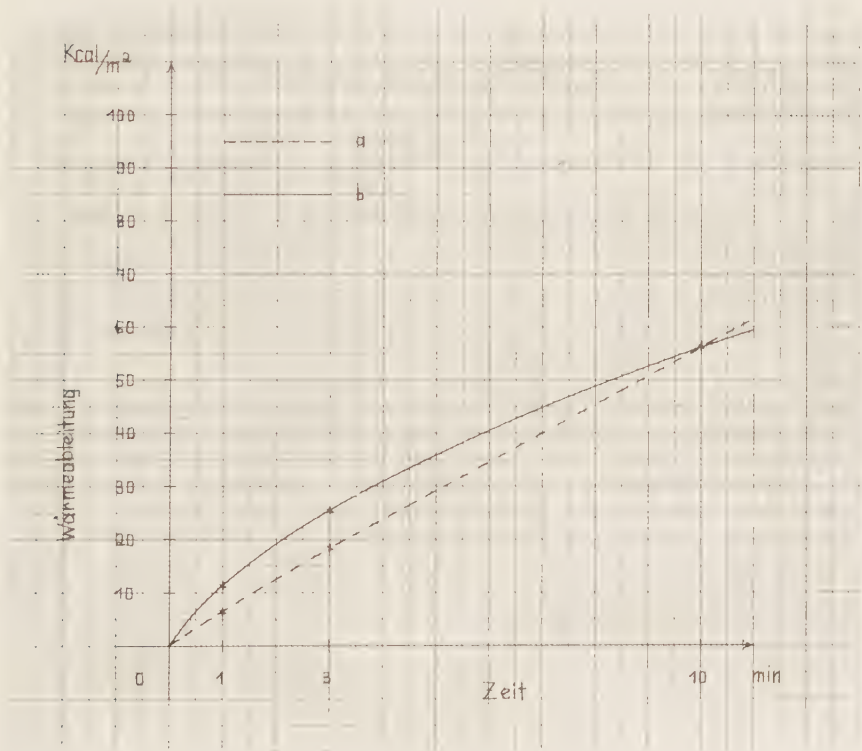
Oberflächentemperatur: 5/15 °C

Oberflächenfeuchte: 94/57 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
5/15 °C (kcal/m ²)	a)	12,705	34,342	105,110
	b)	14,322	30,877	67,529
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	6,806	18,398	56,309
	b)	11,925	25,725	56,265
(= Normtemperatur)				

Bild Nr. 33

Wärmeableitung des Bongossispaltenbodens von Versuch 3 a/b
in Stall 3



Die WA des Bongossispaltenbodens betrug im Neubauzustand $56,309 \text{ kcal/m}^2$. Nach fast zweijähriger Nutzung liegt sie bei $56,265 \text{ kcal/m}^2$. Das entspricht einer Verringerung um ca $0,8 \%$. Der Kurvenverlauf deutet darauf hin, daß sich die WA in den oberen 2 - 3 cm des Balkens erhöht hat. Dafür dürfte ein höherer Feuchtigkeitsgehalt verantwortlich sein. Dieser ist jedoch so gering, daß die WA insgesamt dadurch nicht beeinflußt wird.

Versuch Nr. 4 a/b im Abferkelstall Nr. 3

In diesem Versuch wurde die WA des Bongossispaltenbodens kurz nach der Fertigstellung und nach zweijähriger Nutzung gemessen, um festzustellen, ob sich durch die Nutzung eine Verschiebung ergibt. Während der a-Messungen war ein Lufterhitzer mit Ölfeuerung in Betrieb, welcher im Mittelgang stand und auf die linke Stallhälfte gerichtet war. Während der b-Messungen waren die Nachbarbuchten belegt. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 9. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 10 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

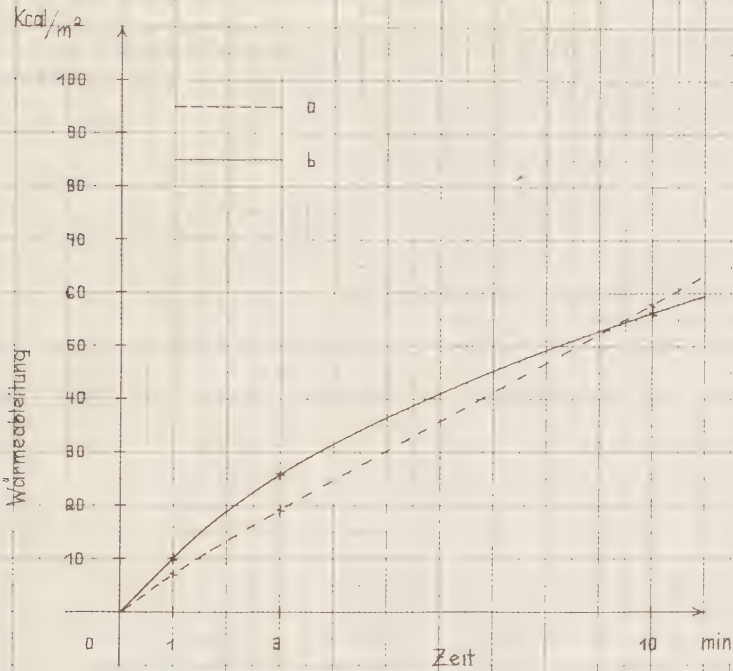
Tabelle Nr. 11 Meßwerte des Versuchs 4 a/b in Stall 3

Lufttemperatur: 9/15 °C
 Luftbewegung: 0,01 - 0,05 m/sec
 relative Luftfeuchte: 80/54 %
 Oberflächentemperatur: 4/15 °C
 Oberflächenfeuchte: 94/58 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
4/15 °C (kcal/m ²)	a)	13,783	37,191	111,190
	b)	12,089	31,108	67,605
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	7,129	19,237	57,512
	b)	10,074	25,925	56,337
(= Normtemperatur)				

Bild Nr. 34

Wärmeableitung des Bongossispaltenbodens von Versuch 4 a/b
in Stall 3



Die WA des Bongossispaltenbodens betrug im Neubauzustand $57,512 \text{ kcal/m}^2$. Nach fast zweijähriger Nutzung liegt sie bei $56,337 \text{ kcal/m}^2$. Das entspricht einer Verringerung um ca 2,1 %. Der Kurvenverlauf deutet darauf hin, daß sich die WA in den oberen 2 - 3 cm des Balkens erhöht hat. Dafür dürfte ein höherer Feuchtigkeitsgehalt verantwortlich sein. Dieser ist jedoch so gering, daß die WA insgesamt dadurch nicht beeinflusst wird.

Versuch Nr. 5 a/b im Abferkelstall Nr. 3

In diesem Versuch wurde die WA der styroporisolierten Beton-liegefläche kurz nach der Fertigstellung und nach zweijähriger Nutzung gemessen, um festzustellen, ob sich durch die Nutzung eine Verschiebung ergibt. Während der a-Messungen war ein Lufterhitzer mit Ölfeuerung in Betrieb, der im Mittelgang stand und auf die linke Stallhälfte gerichtet war. Während der b-Messungen waren die Nachbarbuchten belegt. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 9. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 11 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

Tabelle Nr. 12 Meßwerte des Versuchs 5 a/b in Stall 3

Lufttemperatur: 11/15 °C

Luftbewegung: 0,01-0,05 m/sec

relative Luftfeuchte: 80/43 %

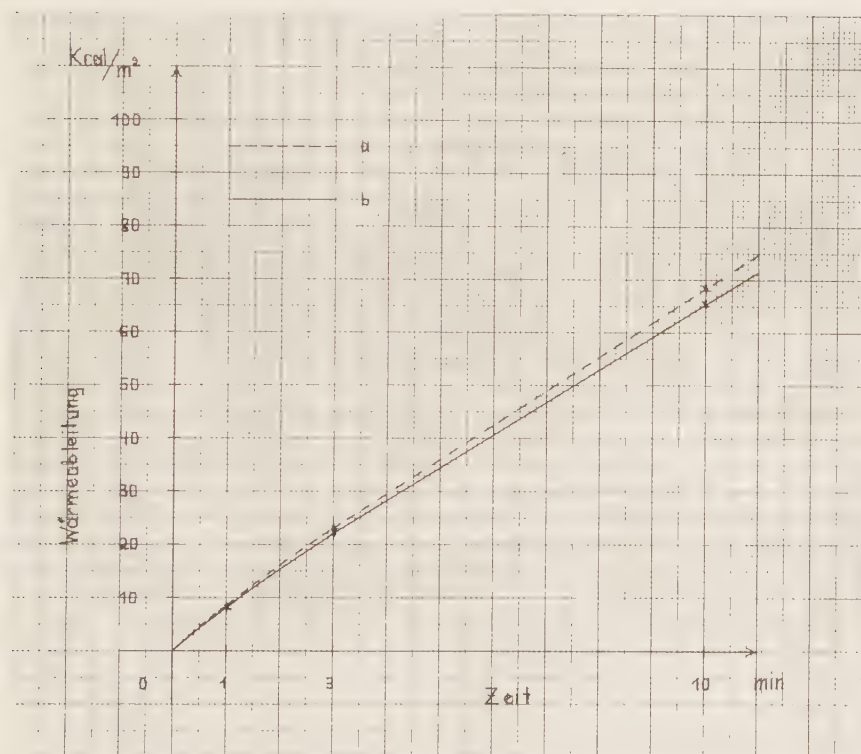
Oberflächentemperatur: 9/15 °C

Oberflächenfeuchte: 82/56 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
9/15 °C (kcal/m ²)	a)	13,706	36,421	109,410
	b)	10,087	26,950	81,081
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	8,565	22,763	68,381
(= Normtemperatur)	b)	8,405	22,374	65,427

Bild Nr. 35

Wärmeableitung der Betonliegefläche von Versuch 5 a/b
in Stall 3



Die WA der styroporisolierten Betonliegefläche betrug im Neubauzustand $68,381 \text{ kcal/m}^2$. Nach fast zweijähriger Nutzung liegt sie bei $65,427 \text{ kcal/m}^2$. Das entspricht einer Verringerung um ca 4,5 %. Diese dürfte durch die Austrocknung der Bucht aufgrund des Nichtbelegtseins verursacht sein. Die WA der Betonliegefläche liegt damit um ca $7,3 \text{ kcal/m}^2$ höher als die der Bongossispaltenböden im gleichen Stall.

Versuch Nr. 6 a/b im Abferkelstall Nr. 3

In diesem Versuch wurde die WA des Betonbodens im Futtergang kurz nach der Fertigstellung und nach zweijähriger Nutzung gemessen, um festzustellen, ob sich durch die Nutzung eine Verschiebung ergibt. Während der a-Messungen war ein Luft-erhitzer mit Ölfeuerung in Betrieb, der im Mittelgang stand und auf die linke Stallhälfte gerichtet war. Während der b-Messungen waren die Nachbarbuchten belegt. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 9. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 12 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

Tabelle Nr. 13 Meßwerte des Versuchs 6 a/b in Stall 3

Lufttemperatur: 11/15 °C

Luftbewegung: 0,01 - 0,06 m/sec

relative Luftfeuchte: 80/50 %

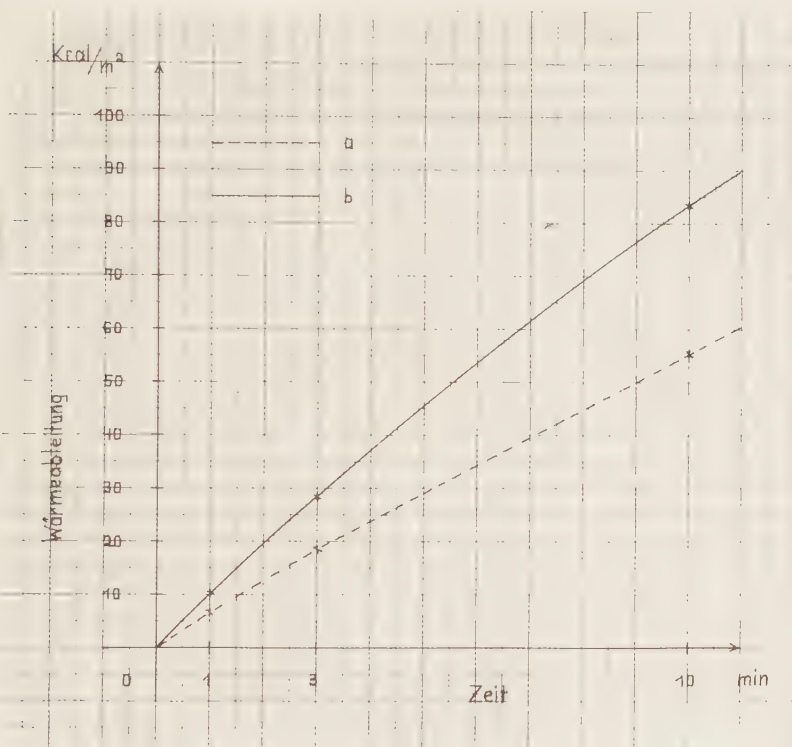
Oberflächentemperatur: 9/16 °C

Oberflächenfeuchte: 80/96 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
9/16 °C (kcal/m ²)	a)	11,319	29,722	88,550
	b)	12,089	32,725	94,402
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	7,074	18,576	55,344
(= Normtemperatur)	b)	10,667	28,875	83,295

Bild Nr. 36

Wärmeableitung des Betonbodens im Futtergang von Versuch
6 a/b in Stall 3



Die WA des Betonbodens im Futtergang betrug im Neubauzustand $55,344 \text{ kcal/m}^2$. Nach fast zweijähriger Nutzung liegt sie bei $83,295 \text{ kcal/m}^2$. Das entspricht einer Erhöhung um ca 50,5 %. Damit liegt ihre WA um etwa $17,8 \text{ kcal/m}^2$ höher als die der isolierten Betonliegefläche und um $25,2 \text{ kcal/m}^2$ höher als die der Bongossispaltenböden im gleichen Stall. Als Ursache für die Erhöhung der WA kommt am ehesten eine Durchfeuchtung des Bodens in Frage, weil der Futtergang tiefer als die Liegeflächen angelegt ist. Somit blieb in ihm oft Wasser vom täglichen Reinigen der Buchten stehen.

Versuch Nr. 1 a/b im Maststall Nr. 4

In diesem Versuch wurde die WA des Bongossispaltenbodens kurz nach der Fertigstellung und nach 1 1/2-jähriger Nutzung gemessen, um festzustellen, ob sich durch die Nutzung eine Verschiebung ergibt. Während der a-Messungen war ein Lufterhitzer mit Ölfeuerung in Betrieb, der auf die Stallmitte gerichtet war. Die b-Messungen wurden sofort nach der Ausstellung einer Mastpartie vorgenommen. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 13. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 14 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

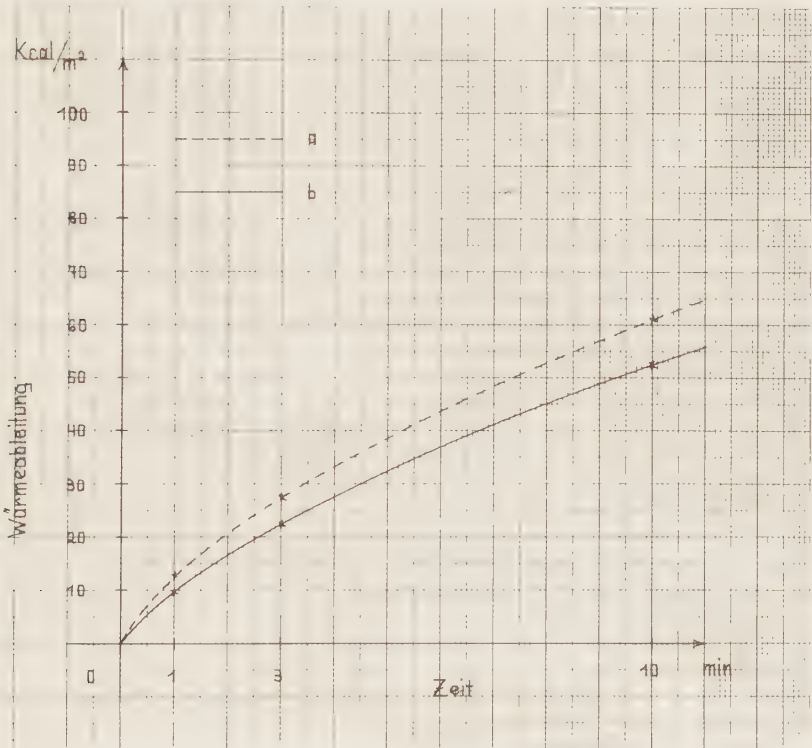
Tabelle Nr. 14 Meßwerte des Versuchs 1 a/b in Stall 4

Lufttemperatur: 9/19 °C
 Luftbewegung: 0,01 - 0,06 m/sec
 relative Luftfeuchte: 85/87 %
 Oberflächentemperatur: 9/19 °C
 Oberflächenfeuchte: 82/92 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
9/19 °C (kcal/m ²)	a)	19,789	43,813	97,636
	b)	9,240	21,021	49,049
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	12,368	27,383	61,022
(= Normtemperatur)	b)	9,900	22,523	52,553

Bild Nr. 37

Wärmeableitung des Bongossispaltenbodens von Versuch 1 a/b
in Stall 4



Die WA des Bongossispaltenbodens betrug im Neubauzustand $61,022 \text{ kcal/m}^2$. Nach 1 1/2-jähriger Nutzung liegt sie bei $52,553 \text{ kcal/m}^2$. Das entspricht einer Verringerung um 16,1 %. Aufgrund der größeren Oberflächenfeuchte und der Luftbewegung durch die Unterflur-Entlüftungsanlage wäre ein größerer Wärmeverlust durch Verdunstung und Konvektion zu erwarten. Die insgesamt kleinere WA läßt demnach auf eine Durchtrocknung der Balken während der Nutzung schließen.

Versuch Nr. 2 a/b im Maststall Nr. 4

In diesem Versuch wurde die WA des Bongossispaltenbodens kurz nach der Fertigstellung und nach 1 1/2-jähriger Nutzung gemessen, um festzustellen, ob sich durch die Nutzung eine Verschiebung ergibt. Während der a-Messungen war ein Lufterhitzer mit Ölfeuerung in Betrieb, der auf die Stallmitte gerichtet war. Die b-Messungen wurden sofort nach der Ausstallung einer Mastpartie vorgenommen. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 13. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 14 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

Tabelle Nr. 15 Meßwerte des Versuchs 2 a/b in Stall 4

Lufttemperatur: 9/19 °C

Luftbewegung: 0,01 - 0,06 m/sec

relative Luftfeuchte: 83/85 %

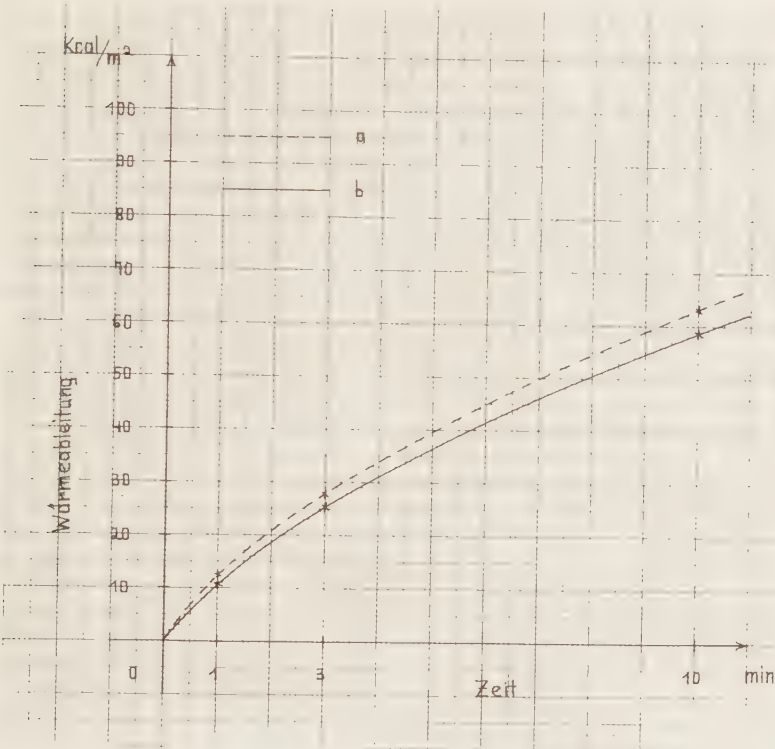
Oberflächentemperatur: 9/19 °C

Oberflächenfeuchte: 82/97 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wurmeableitung bei				
9/19 °C (kcal/m ²)	a)	20,020	44,737	101,100
	b)	9,933	23,539	54,961
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	12,532	27,960	63,188
	b)	10,643	25,218	58,886
(= Normtemperatur)				

Bild Nr. 38

Wärmeableitung des Bongossispaltenbodens von Versuch 2 a/b
in Stall 4



Die WA des Bongossispaltenbodens betrug im Neubauzustand $63,188 \text{ kcal/m}^2$. Nach 1 1/2-jähriger Nutzung liegt sie bei $58,886 \text{ kcal/m}^2$. Das entspricht einer Verringerung um ca 7,3 %. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Meßpunkte bei den b-Messungen an einer bevorzugt feuchten Stelle liegen. Aufgrund der größeren Oberflächenfeuchte und der Luftbewegung durch die Unterflur-Entlüftungsanlage wäre ein größerer Wärmeverlust durch Verdunstung und Konvektion zu erwarten. Die insgesamt kleinere WA läßt demnach auf eine Durchtrocknung der Balken während der Nutzung schließen.

Versuch Nr. 3 a/b im Maststall Nr. 4

In diesem Versuch wurde die WA eines Bongossispaltenbodens kurz nach der Fertigstellung und nach 1 1/2-jähriger Nutzung gemessen, um festzustellen, ob sich durch die Nutzung eine Verschiebung ergibt. Während der a-Messungen war ein Luft-erhitzer mit Ölfeuerung in Betrieb, der auf die Stallmitte gerichtet war. Die b-Messungen wurden sofort nach der Aus-stellung einer Mastpartie vorgenommen. Die Lage der Meß-punkte zeigt das Bild Nr. 13. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 14 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

Tabelle Nr. 16 Meßwerte des Versuchs 3 a/b in Stall 4

Lufttemperatur: 10/20 °C

Luftbewegung: 0,01 - 0,08 m/sec

relative Luftfeuchte: 85/83 %

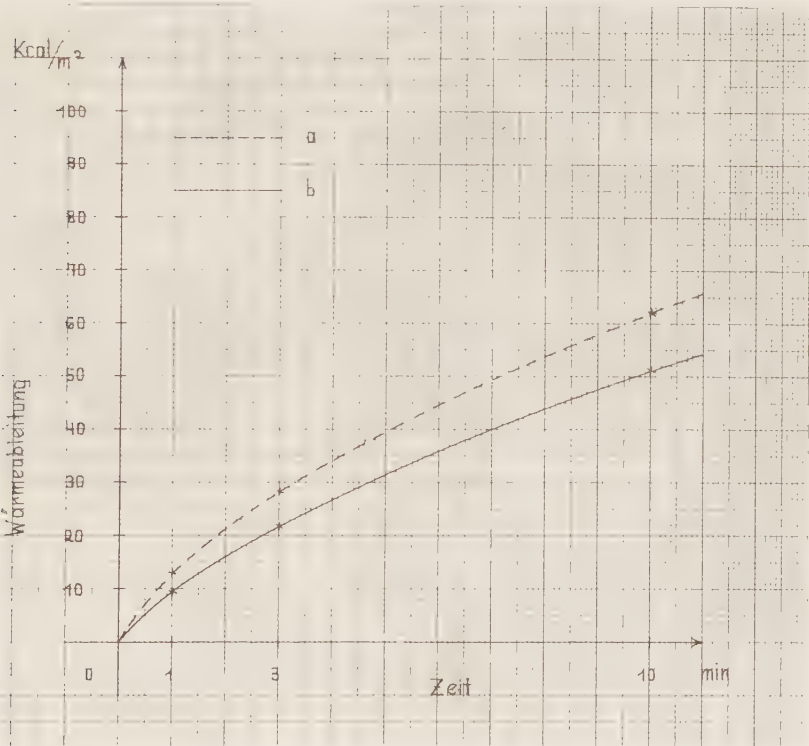
Oberflächentemperatur: 9/21 °C

Oberflächenfeuchte: 83/91 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
9/21 °C (kcal/m ²)	a)	20,659	45,122	99,482
	b)	7,623	17,402	40,886
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	12,911	28,200	62,175
(= Normtemperatur)	b)	9,528	21,752	51,107

Bild Nr. 39

Wärmeableitung des Bongossispaltenbodens von Versuch 3 a/b
in Stall 4



Die WA des Bongossispaltenbodens betrug im Neubauzustand $62,175 \text{ kcal/m}^2$. Nach 1 $\frac{1}{2}$ -jähriger Nutzung liegt sie bei $51,107 \text{ kcal/m}^2$. Das entspricht einer Verringerung um 21,7 %. Aufgrund der größeren Oberflächenfeuchte und der Luftbewegung durch die Unterflur-Entlüftungsanlage wäre ein größerer Wärmeverlust durch Verdunstung und Konvektion zu erwarten. Die insgesamt kleinere WA läßt demnach auf eine Durchtrocknung während der Nutzung schließen.

Versuch Nr. 4 a/b im Maststall Nr. 4

In diesem Versuch wurde die WA eines Bongossispaltenbodens kurz nach der Fertigstellung und nach 1 1/2-jähriger Nutzung gemessen, um festzustellen, ob sich durch die Nutzung eine Verschiebung ergibt. Während der a-Messungen war ein Lufterhitzer mit Ölfeuerung in Betrieb, der auf die Stallmitte gerichtet war. Die b-Messungen wurden sofort nach der Ausstellung einer Mastpartie vorgenommen. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 13. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 14 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

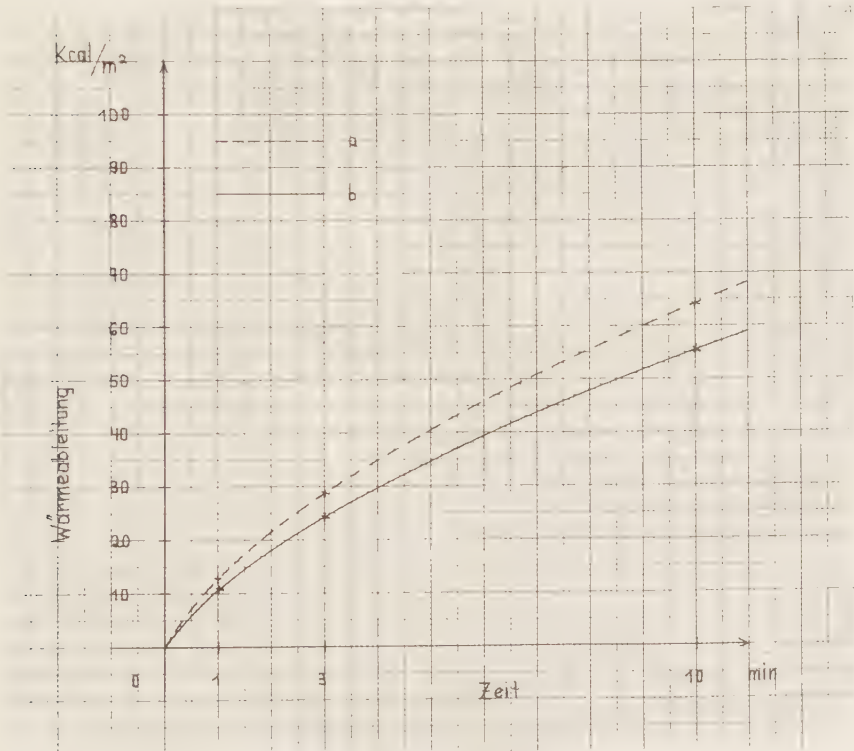
Tabelle Nr. 17 · Meßwerte des Versuchs 4 a/b in Stall 4

Lufttemperatur: 11/20 °C
 Luftbewegung: 0,01 - 0,08 m/sec
 relative Luftfeuchte: 87/82 %
 Oberflächentemperatur: 10/21 °C
 Oberflächenfeuchte: 82/88 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
10/21 °C (kcal/m ²)	a)	19,866	44,044	98,944
	b)	8,624	19,558	44,429
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	12,956	28,724	64,529
	b)	10,769	24,447	55,536
(= Normtemperatur)				

Bild Nr. 40

Wärmeableitung des Bongossispaltenbodens von Versuch 4 a/b
in Stall 4



Die WA des Bongossispaltenbodens betrug im Neubauzustand $64,529 \text{ kcal/m}^2$. Nach 1 1/2-jähriger Nutzung liegt sie bei $55,536 \text{ kcal/m}^2$. Das entspricht einer Verringerung um 16,2 %. Aufgrund der größeren Oberflächenfeuchte und der Luftbewegung durch die Unterflur-Entlüftungsanlage wäre ein größerer Wärmeverlust durch Verdunstung und Konvektion zu erwarten. Die insgesamt kleinere WA läßt demnach auf eine Durchtrocknung der Balken während der Nutzung schließen.

Versuch Nr. 1 a/b in Maststall Nr. 5

Dieser Versuch diente zur Messung der Wärmeableitung eines länger genutzten Eichenbretterbodens. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 15. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 16 wiedergegeben. Während der Messungen waren die Nachbarboxen belegt. Als Meßpunkte wurden Bretter von unterschiedlicher Breite mit möglichst wenig Unebenheiten (Abnutzungserscheinungen) ausgewählt. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Meßwerte.

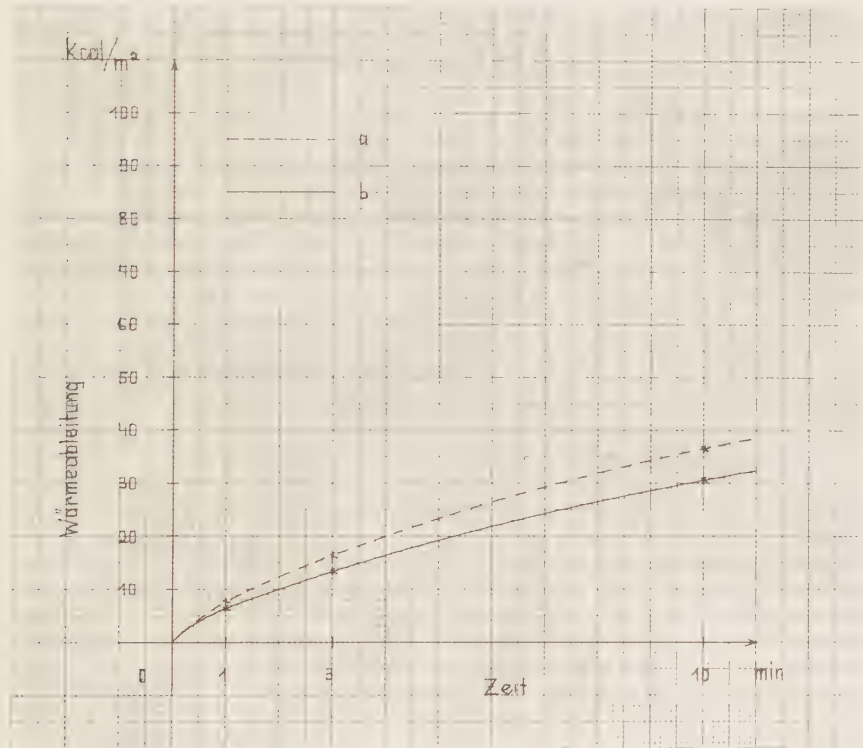
Tabelle Nr. 18 Meßwerte des Versuchs 1 a/b in Stall 5

Lufttemperatur: 15/15 °C
 Luftbewegung: 0,01 - 0,02 m/sec
 relative Luftfeuchte: 46/44 %
 Oberflächentemperatur: 18/18 °C
 Oberflächenfeuchte: 33/29 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
18/18 °C (kcal/m ²)	a)	7,700	16,247	36,575
	b)	6,237	13,157	30,492
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	7,700	16,247	36,575
	b)	6,237	13,157	30,492
(= Normtemperatur)				

Bild Nr. 41

Wärmeableitung des Eichenbretterbodens von Versuch 1 a/b
in Stall 5



Die WA beträgt in der Box a) $36,575 \text{ kcal/m}^2$ und in der Box b) $30,492 \text{ kcal/m}^2$. Das entspricht einem Schnitt von $33,534 \text{ kcal/m}^2$. Sie ist also etwas geringer als die WA des Eichenbretterbodens mit Gummimatte in der Bucht 2 des Abferkelstalles 2 ($36,053 \text{ kcal/m}^2$) und damit ebenfalls deutlich niedriger als die WA des Bongossispaltenbodens im Maststall 1 ($49,665 \text{ kcal/m}^2$). Die kleinere WA in der Box b) kann auf einer geringeren Materialfeuchte analog zur Oberflächenfeuchte beruhen.

Versuch Nr. 1 in Maststall Nr. 6

Bei Ausbesserungsarbeiten in diesem Stall konnte die Gelegenheit benutzt werden, die WA neu eingezogener Eichenbretter zu messen. Leider sind die Bretter nicht wie in Stall 5 4,5 cm, sondern nur 3 cm stark. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 15. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 16 wiedergegeben. Während der Messungen standen die zwei nächstgelegenen Boxen leer, die übrigen waren belegt. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

Tabelle Nr. 19 Meßwerte des Versuchs 1 in Stall 6

Lufttemperatur: 16 °C

Luftbewegung: 0,01 m/sec

relative Luftfeuchte: 53 %

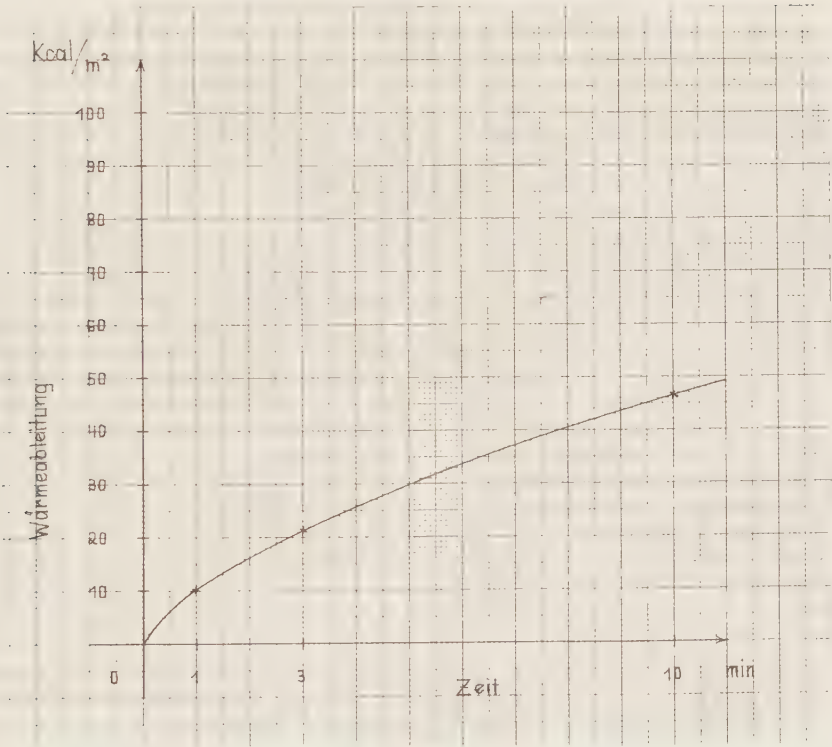
Oberflächentemperatur: 16 °C

Oberflächenfeuchte: 62 %

Zeit	1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei 16 °C (kcal/m^2)	11,550	24,024	52,591
Wärmeableitung bei 18 °C (kcal/m^2) (= Normtemperatur)	10,191	21,197	46,403

Bild Nr. 42

Wärmeableitung des Eichenbretterbodens von Versuch 1
in Stall 6



Die WA der neuen Eichenbretter ist mit $46,403 \text{ kcal/m}^2$ fast so hoch wie die des Bongossispaltenbodens im Maststall 1 ($49,665 \text{ kcal/m}^2$) und damit deutlich höher als die der dickeren alten Bretter im vergleichbaren Stall Nr. 5 ($33,534 \text{ kcal/m}^2$). Die mit 62 % doppelt so hohe Oberflächenfeuchte als im Stall 5 legt die Vermutung nahe, daß die Bretter frisch aus dem Sägewerk kamen und eine Materialfeuchte aufweisen, die die hohe WA erklärlich machen.

Versuch Nr. 1 a/b im Hauptmaststall Nr. 10

In diesem Versuch wurde die WA der mit Styroporgranulat isolierten Betonliegefläche von Bucht 28 kurz nach der Fertigstellung und nach einer dreiwöchigen Trocknungszeit vor dem Bezug gemessen. Zur besseren Durchtrochnung des Baues war in dieser Zeit bei geöffneten Innentüren von Stall 9 und 10 ein im Gang stehender Lufterhitzer mit Ölfeuerung in Betrieb. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 17. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 18 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

Tabelle Nr. 20 Meßwerte des Versuchs 1 a/b in Stall 10

Lufttemperatur: 8/14 °C

Luftbewegung: 0,01 - 0,06 m/sec

relative Luftfeuchte: 85/65 %

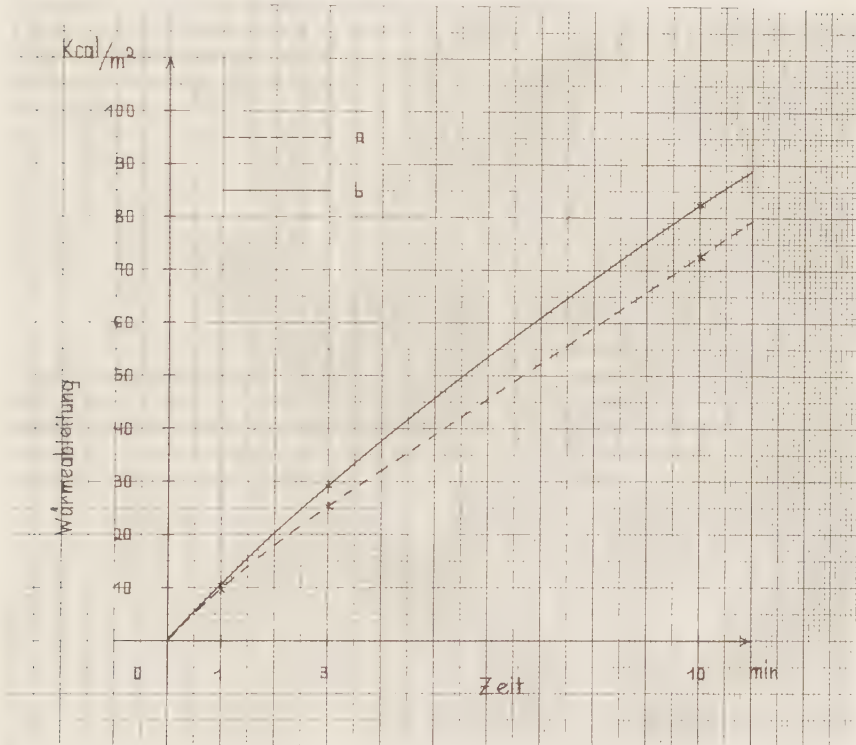
Oberflächentemperatur: 7/13 °C

Oberflächenfeuchte: 89/95 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
7/13 °C (kcal/m ²)	a)	16,863	43,736	125,771
	b)	14,555	38,808	110,187
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	9,720	25,230	72,555
(= Normtemperatur)	b)	10,916	29,106	82,640

Bild Nr. 43

Wärmeableitung der Betonliegefläche von Versuch 1 a/b
in Stall 1C



Die WA der Betonliegefläche betrug im Neubauzustand 72,555 kcal/m². Nach drei Wochen Trocknungszeit liegt sie entgegen den Erwartungen bei 82,640 kcal/m². Das entspricht einer Erhöhung um 13,9 %. Daraufhin eingezogene Erkundigungen ergaben, daß der Stall am Tage vor den b-Messungen zur Beseitigung von Montageresten (Metallspäne) mit Wasser ausgespritzt worden war. Demnach hat der Estrich Feuchtigkeit aufgenommen.

Versuch Nr. 2 a/b im Hauptmaststall Nr. 10

In diesem Versuch wurde die WA der mit Styroporgranulat isolierten Betonliegende Fläche von Bucht 25 kurz nach der Fertigstellung und nach einer dreiwöchigen Trocknungszeit gemessen. Zur besseren Durchtrocknung des Baues war in dieser Zeit bei geöffneten Innentüren von Stall 9 und 10 ein im Gang stehender Lufterhitzer mit Ölfeuerung in Betrieb. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 17. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 18 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

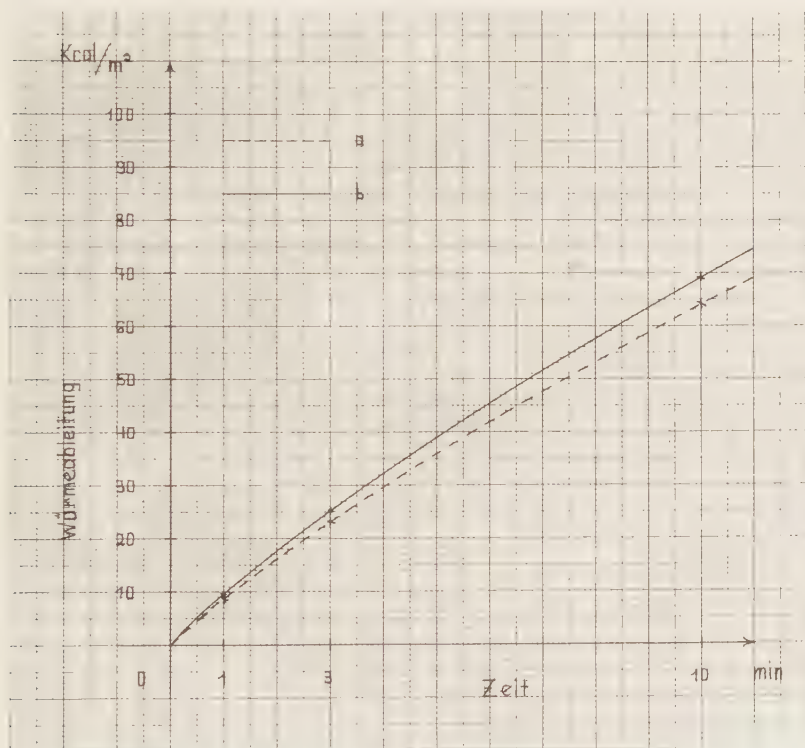
Tabelle Nr. 21 Meßwerte des Versuchs 2 a/b in Stall 10

Lufttemperatur: 8/15 °C
 Luftbewegung: 0,02 - 0,08 m/sec
 relative Luftfeuchte: 85/68 %
 Oberflächentemperatur: 7/13 °C
 Oberflächenfeuchte: 86/97 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
7/13 °C (kcal/m ²)	a)	15,477	39,953	111,188
	b)	12,936	33,418	92,323
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	8,929	23,049	64,147
(= Normtemperatur)	b)	9,702	25,064	69,242

Bild Nr. 44

Wärmeableitung der Betonliegefläche von Versuch 2 a/b
in Stall 1C



Die WA_2 der Betonliegefläche betrug im Neubauzustand $64,147 \text{ kcal/m}^2$. Nach drei Wochen Trocknungszeit liegt sie entgegen den Erwartungen bei $69,242 \text{ kcal/m}^2$. Das entspricht einer Erhöhung um ca 7,9 %. Daraufhin eingezogene Erkundigungen ergaben, daß der Stall am Tage vor den b-Messungen zur Beseitigung von Montageresten (Metallspäne) mit Wasser ausgespritzt worden war. Demnach hat der Estrich Feuchtigkeit aufgenommen.

Versuch Nr. 3 a/b im Hauptmaststall Nr. 10

In diesem Versuch wurde die WA des vorgefertigten Betonspaltenbodens in Bucht 26, 24 und 27 kurz nach der Fertigstellung und nach einer dreiwöchigen Trocknungszeit gemessen. Zur besseren Durchtrocknung des Baues war in dieser Zeit bei geöffneten Innentüren von Stall 9 und 10 ein im Gang stehender Lufterhitzer mit Ölfeuerung in Betrieb. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 17. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 19 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

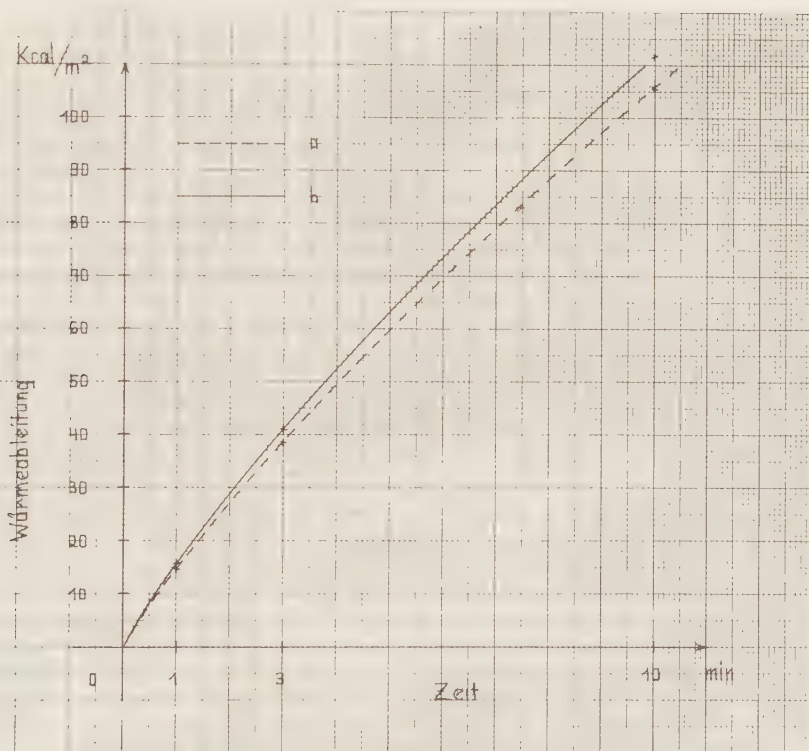
Tabelle Nr. 22 Meßwerte des Versuchs 3 a/b in Stall 10

Lufttemperatur: 8/16 °C
 Luftbewegung: 0,01 - 0,04 m/sec
 relative Luftfeuchte: 85/68 %
 Oberflächentemperatur: 7/13 °C
 Oberflächenfeuchte: 85/77 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
7/13 °C (kcal/m ²)	a)	25,795	67,297	183,721
	b)	20,482	54,439	148,686
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	14,880	38,820	105,990
(= Normtemperatur)	b)	15,362	40,830	111,515

Bild Nr. 45

Wärmeableitung der Betonliegefläche von Versuch 3 a/b
in Stall 10



Die WA des Betonspaltenbodens betrug im Neubauzustand $105,990 \text{ kcal/m}^2$. Nach drei Wochen Trocknungszeit liegt sie bei $111,515 \text{ kcal/m}^2$. Das entspricht einer Erhöhung um ca $5,2 \%$. Im Vergleich dazu beträgt die WA des Betonbodens im Futtergang des Abferkelstalles Nr. 3 nur $83,295 \text{ kcal/m}^2$. Die WA der Bongossispaltenböden in Stall 3 und 4 beträgt im Schnitt nur $55,547 \text{ kcal/m}^2$. Hier dürfte die größere WA in der Hauptsache durch den Wärmeverlust durch Konvektion und Strahlung bedingt sein.

Versuch Nr. 1 a/b im Hauptmaststall Nr. 9

In diesem Versuch wurde die WA der mit Styroporgranulat isolierten Betonliegefläche von Bucht 20 kurz nach der Fertigstellung und nach einer dreiwöchigen Trocknungszeit gemessen. Zur besseren Durchtrocknung des Baues war in dieser Zeit bei geöffneten Innentüren von Stall 9 und 10 im Gang ein Luftherhitzer mit Ölfeuerung in Betrieb. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 20. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 18 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

Tabelle Nr. 23 Meßwerte des Versuchs 1 a/b in Stall 9

Lufttemperatur: 10/17 °C

Luftbewegung: 0,02 - 0,03 m/sec

relative Luftfeuchte: 72/68 %

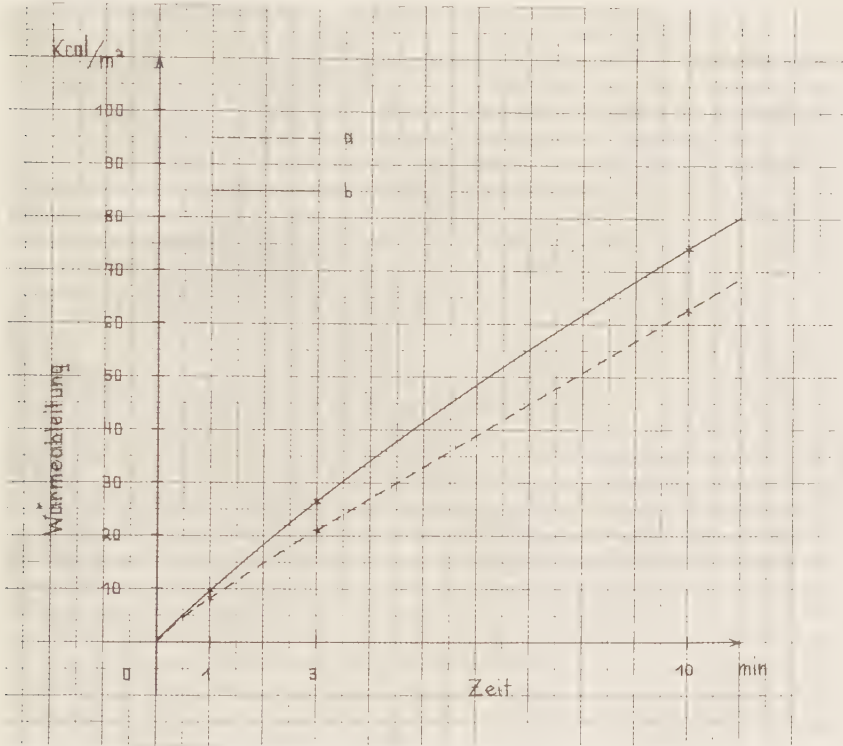
Oberflächentemperatur: 9/15 °C

Oberflächenfeuchte: 76/88 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
9/15 °C (kcal/m ²)	a)	12,936	33,802	100,560
	b)	11,858	31,647	89,166
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²) (= Normtemperatur)	a)	8,085	21,120	62,850
	b)	9,881	26,373	74,312

Bild Nr. 46

Wärmeableitung der Betonliegefläche von Versuch 1 a/b
in Stall 9



Die WA_2 der Betonliegefläche betrug im Neubauzustand $62,850 \text{ kcal/m}^2$. Nach drei Wochen Trocknungszeit liegt sie entgegen den Erwartungen bei $74,312 \text{ kcal/m}^2$. Das entspricht einer Erhöhung um $18,2 \%$. Daraufhin eingezogene Erkundigungen ergaben, daß der Stall am Tage vor den b-Messungen mit Wasser zur Beseitigung von Montageresten (Metallspäne) ausgespritzt worden war. Demnach hat der Estrich Feuchtigkeit aufgenommen.

Versuch Nr. 2 a/b im Hauptmaststall Nr. 9

In diesem Versuch wurde die WA der mit Styroporgranulat isolierten Betonliegefläche von Bucht 19 kurz nach der Fertigstellung und nach einer dreiwöchigen Trocknungszeit gemessen. Zur besseren Durchtrocknung des Baues war in dieser Zeit bei geöffneten Innentüren von Stall 9 und 10 ein im Gang stehender Lufterhitzer mit Ölfeuerung in Betrieb. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 20. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 18 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

Tabelle Nr. 24 Meßwerte des Versuchs 2 a/b in Stall 9

Lufttemperatur: 10/17 °C

Luftbewegung: 0,02 - 0,03 m/sec

relative Luftfeuchte: 70/66 %

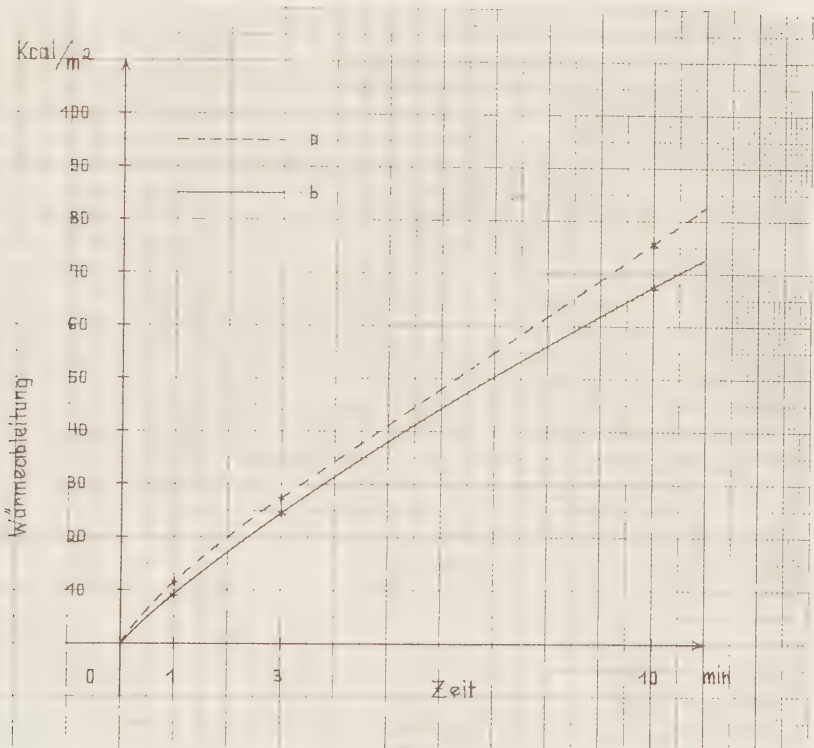
Oberflächentemperatur: 9/15 °C

Oberflächenfeuchte: 78/96 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
9/15 °C (kcal/m ²)	a)	18,488	43,428	120,997
	b)	10,934	29,183	81,117
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	11,550	27,135	75,615
	b)	9,112	24,318	67,598
(= Normtemperatur)				

Bild Nr. 47

Wärmeableitung der Betonliegefläche von Versuch 2 a/b
in Stall 9



Die WA_2 der Betonliegefläche betrug im Neubauzustand $75,615 \text{ kcal/m}^2$. Drei Wochen nach der Trocknungszeit liegt sie bei $67,598 \text{ kcal/m}^2$. Das entspricht einer Verringerung um ca 11,9 %. Die wegen der erhöhten Werte in den anderen Buchten eingezogenen Erkundigungen ergaben, daß diese Bucht vor den b-Messungen nicht mit Wasser abgespritzt worden war, weil auf ihr Werkzeugkasten standen. Die Verringerung der WA dürfte daher mit dem Trocknungseffekt gleichzusetzen sein. In diesem Zusammenhang stört die höhere Oberflächenfeuchte (Ungenauigkeit des Haarhygrometers?).

Versuch Nr. 1 a/b im Vormaststall Nr. 8

In diesem Versuch wurde die WA der mit Styroporgranulat isolierten Betonliegendefläche von Bucht 12 kurz nach der Fertigstellung und nach einer dreiwöchigen Trocknungszeit gemessen. Zur besseren Durchtrocknung des Baues war in dieser Zeit bei geöffneten Innentüren von Stall 8 und 7 ein im Gang stehender Lufterhitzer mit Ölfeuerung in Betrieb. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 21. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 22 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

Tabelle Nr. 25 Meßwerte des Versuchs 1 a/b in Stall 8

Lufttemperatur: 8/20 °C

Luftbewegung: 0,01 - 0,04 m/sec

relative Luftfeuchte: 76/51 %

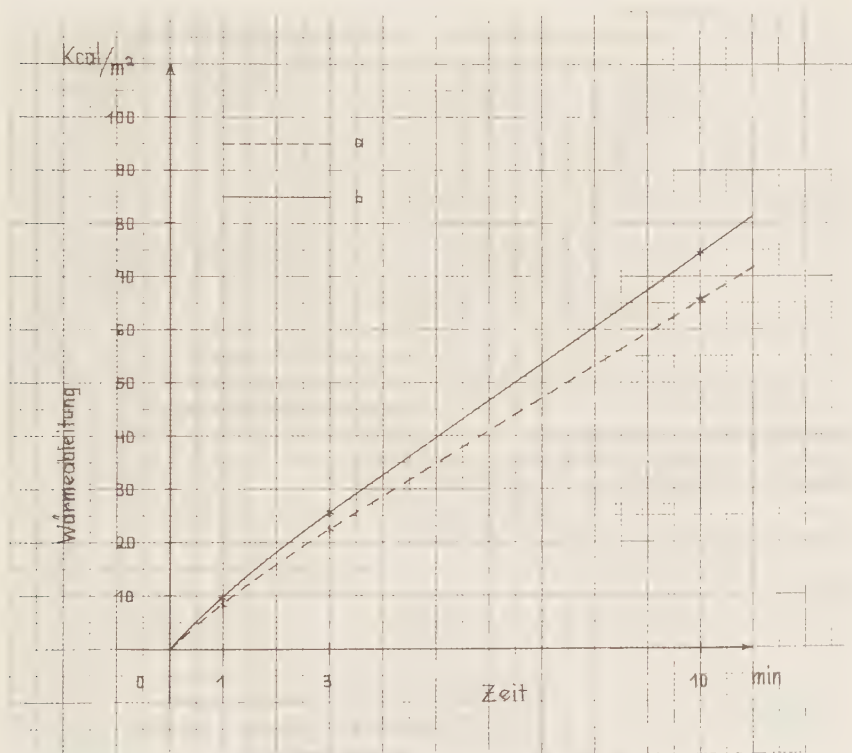
Oberflächentemperatur: 7/18 °C

Oberflächenfeuchte: 76/88 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
7/18 °C (kcal/m^2)	a)	14,938	39,193	113,961
	b)	9,625	25,795	74,845
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m^2)	a)	8,610	22,605	65,745
(= Normtemperatur)	b)	9,625	25,795	74,845

Bild Nr. 48

Wärmeableitung der Betonliegefläche von Versuch 1 a/b
in Stall 8



Die WA_2 der Betonliegefläche betrug im Neubauzustand 65,745 kcal/m². Nach drei Wochen Trocknungszeit liegt sie bei 74,845 kcal/m². Das entspricht einer Erhöhung um 13,8 %. Daraufhin eingezogene Erkundigungen ergaben, daß die Bucht am Tage vor den b-Messungen zur Beseitigung von Montage-resten mit Wasser ausgespritzt worden war. Demnach hat der Estrich Feuchtigkeit aufgenommen.

Versuch Nr. 2 a/b im Vormaststall Nr. 8

In diesem Versuch wurde die WA der mit Styroporgranulat isolierten Betonliegende fläche von Bucht 13 kurz nach der Fertigstellung und nach einer dreiwöchigen Trocknungszeit gemessen. Zur besseren Durchtrocknung des Baues war in dieser Zeit bei geöffneten Innentüren von Stall 8 und 7 ein im Gang stehender Lufterhitzer mit Ölfeuerung in Betrieb. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 21. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 22 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

Tabelle Nr. 26 Meßwerte des Versuchs 2 a/b in Stall 8

Lufttemperatur: 8/22 °C

Luftbewegung: 0,01 - 0,04 m/sec

relative Luftfeuchte: 76/42 %

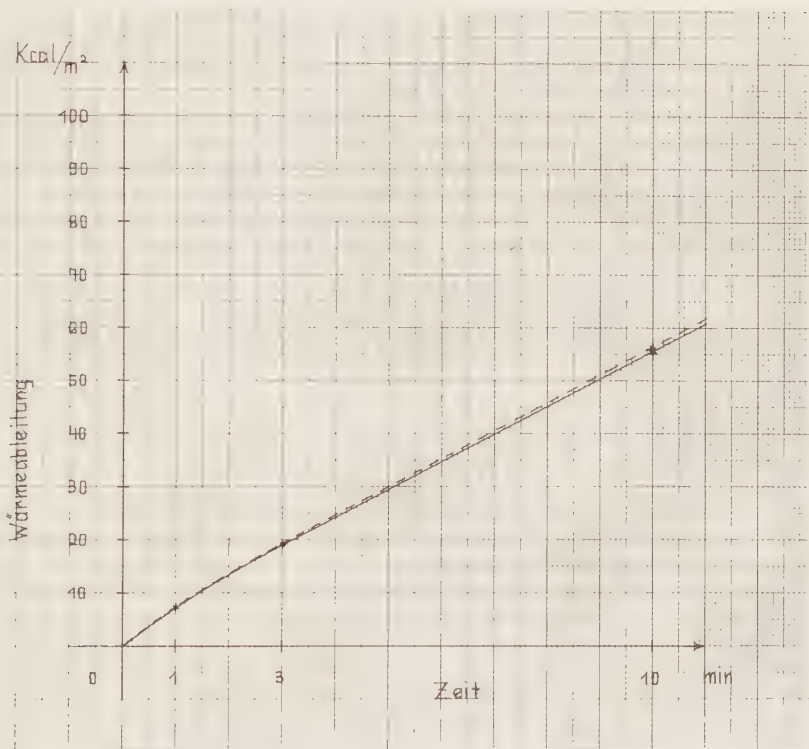
Oberflächentemperatur: 7/18 °C

Oberflächenfeuchte: 77/68 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
7/18 °C (kcal/m ²)	a)	12,936	33,341	97,790
	b)	7,084	19,096	55,594
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	7,455	19,230	56,415
(= Normtemperatur)	b)	7,084	19,096	55,594

Bild Nr. 49

Wärmeableitung der Betonliegefläche von Versuch 2 a/b
in Stall 8



Die W_A der Betonliegefläche betrug im Neubauzustand $56,415 \text{ kcal/m}^2$. Nach drei Wochen Trocknungszeit liegt sie bei $55,594 \text{ kcal/m}^2$. Das entspricht einer Verringerung um $1,4 \%$. Die wegen der erhöhten Werte in Bucht 12 eingezogenen Erkundigungen ergaben, daß in Stall 8 nur die Buchten 10, 12, 14 und 16 mit Wasser ausgespritzt worden waren. Die Verringerung kann also mit einiger Sicherheit als Trocknungseffekt angesprochen werden.

Versuch Nr. 1 a/b/c im Vormaststall Nr. 7

In diesem Versuch wurde die WA der mit Dynafarm belegten Betonliegeflächen von Bucht 7, 5 und 1 gemessen, um die Auswirkung des Kunststoffbelages zu klären. Die Messungen wurden in drei verschiedenen Buchten vorgenommen, damit für den Vergleich mit bloßen Betonliegeflächen ein Durchschnittswert zur Verfügung stand. Während des Versuchs war die Klimaanlage des Stalles in Betrieb. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 23. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 24 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

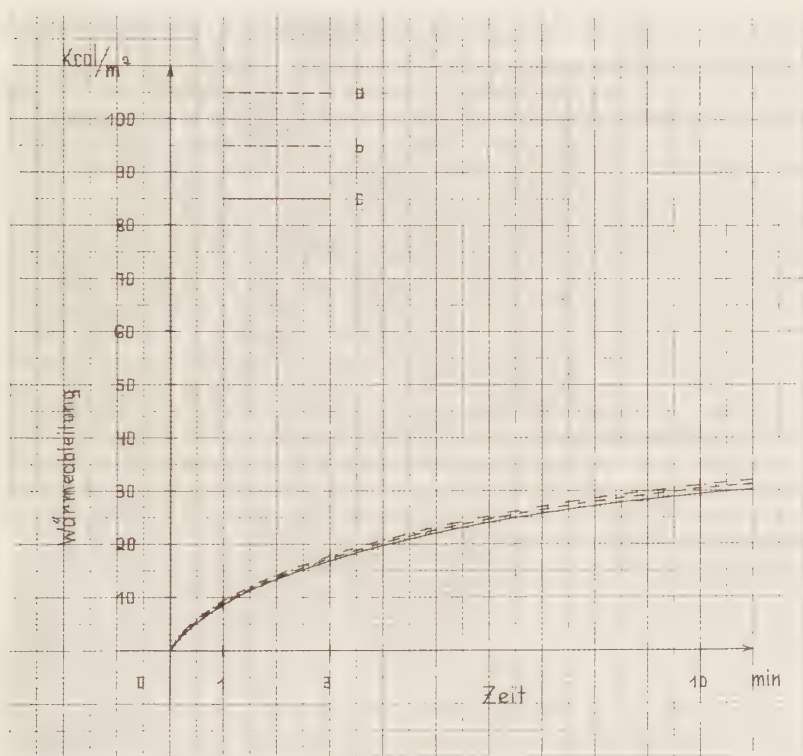
Tabelle Nr. 27 Meßwerte des Versuchs 1 a/b/c in Stall 7

Lufttemperatur: 10/10/10 °C
 Luftbewegung: 0,02 - 0,06 m/sec
 relative Luftfeuchte: 76/78/80 %
 Oberflächentemperatur: 9/9/9 °C
 Oberflächenfeuchte: 74/74/75 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
9/9/9 °C (kcal/m ²)	a)	14,555	27,797	49,126
	b)	14,861	28,105	49,973
	c)	14,630	27,643	47,663
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²) (= Normtemperatur)	a)	9,090	17,370	30,690
	b)	9,285	17,550	31,230
	c)	9,135	17,265	29,790

Bild Nr. 50

Wärmeableitung der Betonliegefläche mit Dynafarm-Belag
von Versuch 1 a/b/c in Stall 7



Die WA der Betonliegefläche mit Kunststoffbelag ist in den drei Buchten mit 30,690 , 31,230 und 29,790 kcal/m^2 sehr konstant. Das entspricht einem Durchschnittswert von 30,570 kcal/m^2 .

Versuch Nr. 2 a/b/c im Vormaststall Nr. 7

In diesem Versuch wurde die WA der mit Styroporgranulat isolierten Betonliegflächen von Bucht 2, 4 und 6 gemessen. Die Werte aus diesen Buchten sollen mit denen aus den Buchten 7, 5 und 1 mit Kunststoffbelag verglichen werden. Während des Versuchs war die Klimaanlage des Stalles in Betrieb. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 23. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 22 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

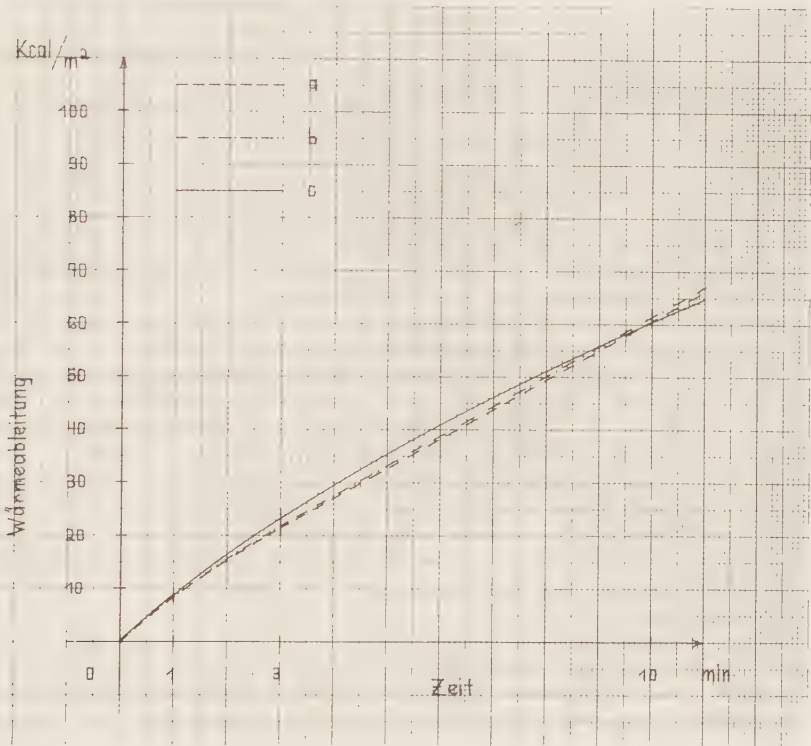
Tabelle Nr. 28 Meßwerte des Versuchs 2 a/b/c in Stall 7

Lufttemperatur: 10/10/10 °C
 Luftbewegung: 0,01 - 0,06 m/sec
 relative Luftfeuchte: 84/84/86 %
 Oberflächentemperatur: 8/8/9 °C
 Oberflächenfeuchte: 86/87/85 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
8/8/9 °C (kcal/m ²)	a)	13,555	35,651	101,023
	b)	13,475	35,805	101,793
	c)	13,090	36,883	97,020
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²) (= Normtemperatur)	a)	8,130	21,390	60,615
	b)	8,085	21,480	61,065
	c)	8,175	23,040	60,630

Bild Nr. 51

Wärmeableitung der Betonliegefläche von Versuch 2 a/b/c
in Stall 7



Die WA der Betonliegefläche in diesen drei Buchten ist mit 60,615 , 61,065 und 60,630 kcal/m^2 ebenfalls sehr konstant. Das entspricht einem Durchschnittswert von 60,770 kcal/m^2 . Der Vergleich mit dem Durchschnittswert aus den Buchten mit Dynafarm-Kunststoffbelag zeigt, daß die WA in letzteren nur 50,3 % der WA auf den bloßen Betonliegeflächen beträgt.

Versuch Nr. 3 a/b/c im Vormaststall Nr. 7

Dieser Versuch in Bucht 1 soll klären, welchen Einfluß Feuchtigkeit auf die WA der Betonliegende mit Kunststoffbelag hat. Dazu wurde die Bucht mit 50 Liter Wasser übergossen. Anschließend wurden drei Messungen im Abstand von je einer Stunde durchgeführt. Am Versuchstage waren die übrigen Buchten außer Bucht 6 belegt. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 25. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 24 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

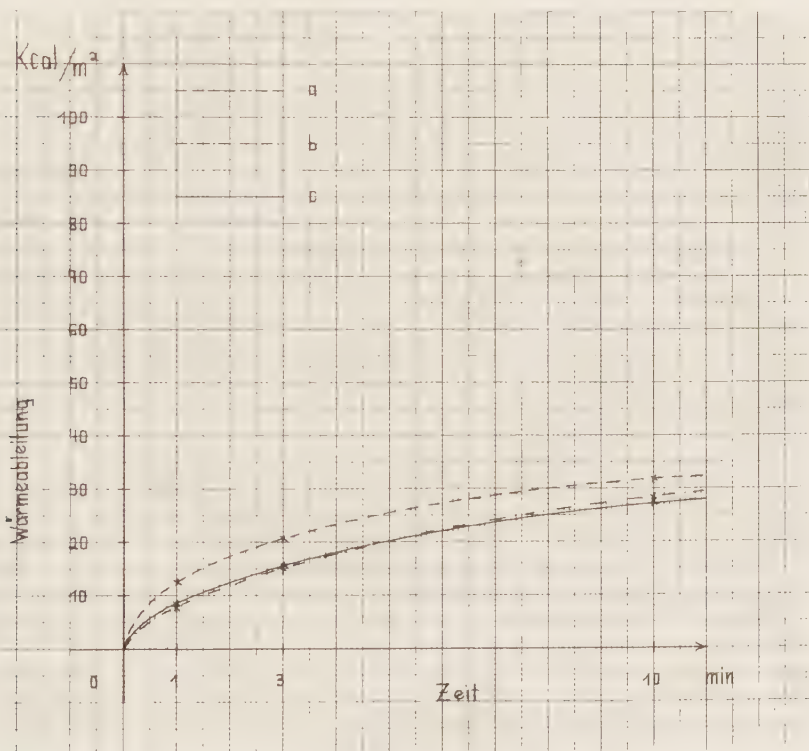
Tabelle Nr. 29 Meßwerte des Versuchs 3 a/b/c in Stall 7

Lufttemperatur: 19/20/20 °C
 Luftbewegung: 0,01 - 0,06 m/sec
 relative Luftfeuchte: 65/66/66 %
 Oberflächentemperatur: 16/16/18 °C
 Oberflächenfeuchte: 100/95/65 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
16/16/18 °C	a)	14,168	23,331	36,190
(kcal/m ²)	b)	9,086	17,248	32,494
	c)	8,316	15,785	27,566
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	12,480	20,580	31,905
(= Normtemperatur)	b)	8,010	15,210	28,665
	c)	8,316	15,785	27,566

Bild Nr. 52

Wärmeableitung der Betonliegeflächen mit Dynafarm-Belag
von Versuch 3 a/b/c in Stall 7



Die WA der Betonliegeflächen mit Kunststoffbelag steigt nach vollständiger Benetzung nur geringfügig an (wenn man als Ausgangswert eine WA von ca 29 kcal/m^2 annimmt), nämlich auf $31,905 \text{ kcal/m}^2$. Nach einer Stunde beträgt sie im Versuch $28,665 \text{ kcal/m}^2$ und nach zwei Stunden hat sie sich auf den Normalwert von $27,566 \text{ kcal/m}^2$ eingependelt (Überschneidungen mit den 1-Stunden-Werten). Die Oberflächentemperatur steigt mit sinkender Oberflächenfeuchte. Die Größe der WA dürfte wesentlich durch die Verdunstung beeinflusst sein.

Versuch Nr. 4 a/b/c im Vormaststall Nr. 7

Dieser Versuch in Bucht-6 soll klären, welchen Einfluß Feuchtigkeit auf die WA der bloßen Betonliegende Fläche hat. Dazu wurde die Bucht mit 50 Liter Wasser übergossen. Anschließend wurden drei Messungen im Abstand von je einer Stunde durchgeführt. Am Versuchstage waren die übrigen Buchten außer Bucht 1 belegt. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 25. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 22 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

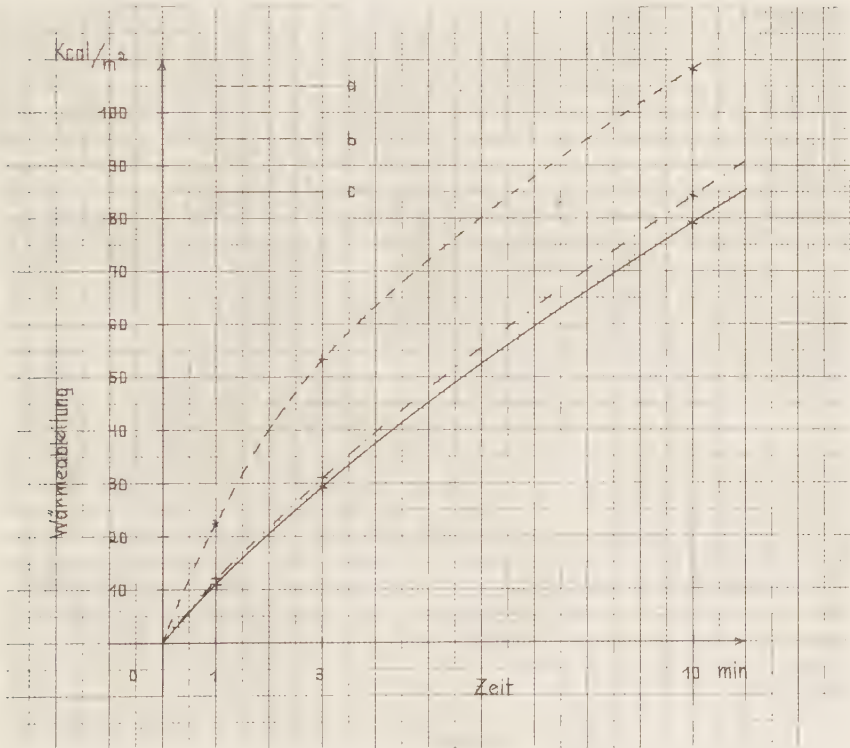
Tabelle Nr. 30 Meßwerte des Versuchs 4 a/b/c in Stall 7

Lufttemperatur: 21/22/22 °C
 Luftbewegung: 0,01 - 0,07 m/sec
 relative Luftfeuchte: 66/66/66 %
 Oberflächentemperatur: 20/20/20 °C
 Oberflächenfeuchte: 100/96/94 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
20/20/20 °C	a)	19,481	43,736	93,863
(kcal/m ²)	b)	10,472	26,950	73,073
	c)	9,933	25,564	68,684
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	22,470	53,460	108,300
(= Normtemperatur)	b)	12,075	31,095	84,315
	c)	11,460	29,490	79,245

Bild Nr. 53

Wärmeableitung der Betonliegefläche von Versuch 4 a/b/c
in Stall 7



Die WA der bloßen Betonliegefläche unmittelbar nach der Benetzung beträgt $108,300 \text{ kcal/m}^2$. Eine Stunde später liegt sie bei $84,315 \text{ kcal/m}^2$ und nach zwei Stunden sind es noch $79,245 \text{ kcal/m}^2$. Ein Vergleich mit dem Wert aus Versuch 2 c ($60,630 \text{ kcal/m}^2$) zeigt, daß die WA zunächst um 80 % gestiegen ist und nach zwei Stunden noch um 30 % höher liegt. Die Oberflächentemperatur bleibt hier konstant, während die Oberflächenfeuchte nur wenig sinkt. Man muß annehmen, daß Feuchtigkeit in den Estrich eingedrungen ist und nur allmählich durch Verdunstung abgegeben wird.

Versuch Nr. 1 a/b in der Zuchtsauenhütte Nr. 11

In diesem Versuch wurde die WA der mit Styroporgranulat isolierten Betonliegendefläche in den Buchten 1 und 4 untersucht. Die Lage der Meßpunkte zeigt das Bild Nr. 26. Der Bodenaufbau ist in Bild Nr. 27 wiedergegeben. Die folgende Tabelle enthält die ermittelten Werte.

Tabelle Nr. 31 Meßwerte des Versuchs 1 a/b in Stall 11

Lufttemperatur: 10/10 °C

Luftbewegung: 0,01 - 0,09 m/sec

relative Luftfeuchte: 73/67 %

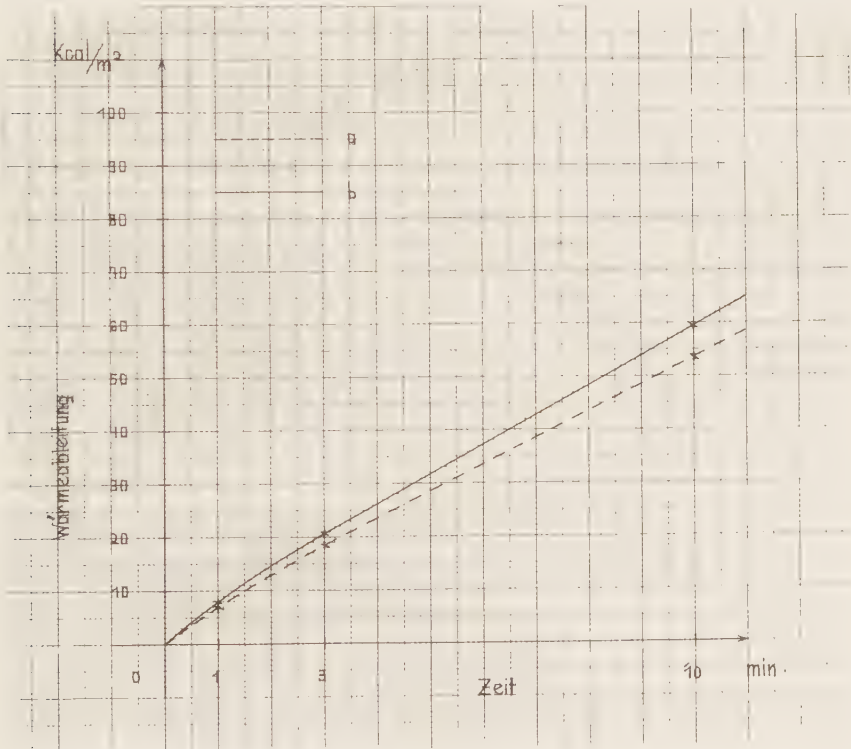
Oberflächentemperatur: 8/8 °C

Oberflächenfeuchte: 85/76 %

Zeit		1 min	3 min	10 min
Wärmeableitung bei				
8/8 °C (kcal/m ²)	a)	11,704	30,723	89,628
	b)	13,244	34,496	99,482
Wärmeableitung bei				
18 °C (kcal/m ²)	a)	7,020	18,435	53,805
(= Normtemperatur)	b)	7,950	20,700	59,685

Bild Nr. 54

Wärmeableitung der Betonliegefläche von Versuch 1 a/b
in Stall 11



Die WA der Betonliegefläche in Bucht 1 beträgt $53,805 \text{ kcal/m}^2$, die in Bucht 2 $59,685 \text{ kcal/m}^2$. Der Schnitt aus beiden Buchten entspricht mit $56,745 \text{ kcal/m}^2$ etwa dem Wert aus Bucht 13 im Vormaststall 8 ($56,415 \text{ kcal/m}^2$) und dem Durchschnittswert der Bongossispaltenböden aus Stall 3 und 4 ($55,547 \text{ kcal/m}^2$).

D. D I S K U S S I O N

Die wärmetechnische Beurteilung eines Bodens muß nach zwei Gesichtspunkten erfolgen. Auf der einen Seite steht die (auch für die Berechnung des Wärmebedarfs eines Raumes maßgebende) Warmemenge, die im Beharrungszustand in den Boden abfließt. Hierfür ist allein die Wärmeleitfähigkeit und die Dicke der Materialien entscheidend, aus denen der Boden aufgebaut ist. Auf der anderen Seite steht die subjektive Empfindung eines Lebewesens, ob der Boden "warm" oder "kalt" ist. Diese Empfindung wird nach C a m m e r e r und S c h ü l e (13) durch die Wärmeableitung des Bodens hervorgerufen. Dafür sind nicht nur die Wärmeleitfähigkeit und die Dicke des Bodens verantwortlich, sondern auch seine spezifische Wärme sowie die Rohdichte (Raumgewicht) der Materialien und deren Schichtung. Hinzu kommt die vom Größenunterschied zwischen berührendem Körperteil und Bodenfläche sowie der Wärmeleitfähigkeit der obersten Schicht abhängige, seitliche Wärmeströmung. Die von Ingenieuren im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnungsbau entwickelte Meßmethode nach DIN 52614 dient der Bestimmung der Wärmeableitung von Fußböden. B ä h r (1) verwendete bei seinen Untersuchungen zunächst dieselbe Methode. Dann entwickelte er die auf Seite 25 beschriebene Labormethode, um durch Vereinheitlichung von Bodentemperatur und Materialfeuchte zu exakten Ergebnissen zu kommen. B ä h r (1) und H a n n u s c h (19) sind außerdem der Ansicht, daß durch die langen Liegezeiten

und das dichte Beieinanderliegen der Tiere der Stallboden derart aufgeheizt wird, daß der von den Tieren fühlbare Wärmeentzug hauptsächlich von der Wärmeleitfähigkeit des Bodens abhängt. Deshalb sind die Meßmethoden dieser Autoren auf die Erfassung der Wärmeleitfähigkeit ausgerichtet. B ä h r (1) heizt dazu die Bodenproben auf einem geeigneten Unterbau an, H a n n u s c h (19) benutzt einen 100 x 60 x 30 cm großen Meßbehälter, der den Boden schnell erwärmen soll. Dazu ist folgendes zu sagen: Einen aufgeheizten Boden im Sinne von B ä h r (1) und H a n n u s c h (19) wird man nur bei dicht liegenden Großtieren voraussetzen können. Nach O b e r und B l e n d l (36) hat ein 60 kg schweres Schwein einen durchschnittlichen Wärmeverlust von 35,9 kcal/h an den Boden. Bei einem Ferkel oder Läufer ist diese Heizleistung noch geringer bzw. die Differenz zwischen Heizkörper und zu beheizender Fläche noch größer. Bei Schweinen und besonders bei Ferkeln und Läufern ist also der Aufheizeffekt von Bedeutung. Außerdem wird unter Stallverhältnissen der Wärmestrom nie allein durch die Wärmeleitfähigkeit bestimmt sein. Es bleiben immer noch seitliche Wärmeströmungen, deren Größe je nach Schichtung und Durchfeuchtung des Bodens schwanken kann. Der Wärmefluß im Beharrungszustand unter Einfluß der seitlichen Wärmeströmungen kann aber mit der Meßmethode nach DIN 52614 bestimmt werden, indem man den Versuch solange fortführt, bis sich die Wärmeableitungskurve einer Geraden nähert. Die Methode von B ä h r (1) hat den Nachteil, daß mit ihr keine Messungen in Ställen durchgeführt

werden können. Die Wärmeableitung von Materialproben dürfte aber nicht den wirklichen Verhältnissen in Ställen entsprechen, weil man hier keinen Durchtrocknungszustand wie im Wohnungsbau annehmen kann. Die Methode von H a n n u s c h (19) ist wegen der Größe des Meßbehälters unhandlich und setzt außerdem bestimmte Stallklimata voraus. Die zur Aufwärmung des Bodens benutzte Heizenergie des Meßbehälters mag der Wärmeabgabe eines Idealschweines entsprechen. Man kann die Werte aber nicht für Schweine schlechthin oder gar andere Tiere verwenden. Man denke an Faktoren wie Größe, Behaarung, Fettpolster, Kondition und Liegeposition eines Tieres, die dabei eine Rolle spielen. Daneben dürfte die Methode, die Wärmeabgabe an den Boden über die Heizleistung des Thermostaten zu bestimmen, wegen der Wärmeverluste an die Umgebung bei einem so großen Meßbehälter problematisch sein. O b e r und K i e s l (37) bedienen sich bei ihren Messungen der Methode nach DIN 52614. Ein Unterschied zur vorliegenden Arbeit besteht insofern, als bei dem von ihnen benutzten Zählgerät die Einheiten mit der Stoppuhr bei laufendem Zählwerk abgelesen werden. Das hier benutzte Zählgerät besitzt drei getrennte Zählwerke für die Zeiten 1, 3 und 10 Minuten mit selbsttätiger Abschaltung. O b e r und K i e s l (37) haben wie B ä h r (1) und H a n n u s c h (19) ihre Versuche jeweils auf eine Stunde ausgedehnt. Dies ist nicht generell nötig. Nach C a m m e r e r und S c h ü l e (14) genügt für eine einwandfreie Klassifizierung eines Bodens eine Meßzeit von 10 min. Das entspricht

einer Eindringtiefe von ca 5 cm. Bei geschichteten Böden können die Werte sich nach C a m m e r e r (11) bei längeren Meßzeiten ändern, weil die Art der Unterkonstruktion vermehrt ins Gewicht fällt. Bei den hier untersuchten Betonliegeflächen ist jeweils unter einem Sandbetonestrich von 3 cm Stärke eine Isolierschicht von Styroporgranulat angeordnet, welche für den weiteren Verlauf der Wärmeableitung ausschlaggebend ist. Das bestätigen die Wärmeableitungskurven, die sich nach 10 Minuten einer Geraden nähern und dadurch die Erreichung des Beharrungszustandes anzeigen. Damit können auch bei längerer Versuchsdauer keine weiteren Erkenntnisse gewonnen werden.

Ein Vergleich der Versuchsergebnisse mit denen der anderen Autoren stößt auf Schwierigkeiten, weil B ä h r (1) und H a n n u s c h (19) nach anderen Methoden arbeiten, während O b e r und K i e s l (37) zwar dieselbe Meßanordnung benutzten, aber die Meßzeit jeweils auf 1 Stunde ausdehnten. Soweit letztere bei ihren Veröffentlichungen auch die Wärmeableitung nach 10 Minuten angeben, sind der Aufbau und die Abmessungen der untersuchten Böden so verschieden von denen in der vorliegenden Arbeit, daß eine Gegenüberstellung keine Schlußfolgerung erlaubt.

Ordnet man die in den vorliegenden Versuchen durchgemessenen Böden entsprechend der Größe ihrer durchschnittlichen Wärmeableitung, so ergibt sich von unten nach oben die Reihenfolge: Eichenbretterboden mit Gummimatte und Stroheinstreu auf ein Eisengestell montiert, derselbe Boden ohne Einstreu, isolierte

Betonliegefläche mit Kunststoffbelag, Bongossispaltenböden verschiedener Ausführung, isolierte Betonliegeflächen, Betonboden, Betonspaltenboden. Diese Reihenfolge mag auch der Tierfreundlichkeit der einzelnen Bodenarten entsprechen. Die unter Arbeitskraftmangel leidende Landwirtschaft wünscht aber vor allem Stallböden, die einen geringen Arbeitsaufwand erfordern. So nützt es wenig, daß eine StrohEinstreu hervorragend dazu geeignet ist, die Wärmeableitung eines Stallbodens zu verringern. In der Landwirtschaft wendet man sich mehr und mehr einstreulosen Haltungsarten zu. In ähnlicher Weise wird die Zahl der für Stallböden in Frage kommenden Materialien durch den Aspekt der Verschleißfestigkeit eingeengt. Aus diesem Blickwinkel betrachtet, sind die Bongossispaltenböden in Stall 3 und 4 sowie die Betonliegeflächen in den Ställen 7 - 10 am meisten von Interesse. Der Wert von Spaltenböden ist in der Hauptsache darin zu sehen, daß durch Wegfall jeglichen Reinigens während der Haltungsperiode eine beachtliche Arbeitsersparnis erzielt wird. Neben gewissen durch die Oberflächenform gegebenen Problemen, wie sie von B l e n d l (2) sowie von F r a n g e und K u r z w e g (39) angeführt werden (Spaltenbreite, Balkenbreite, Rutschfestigkeit, ~~Verletzungsgefahr~~ gegenüber Abnutzung und Anfressen, Verletzungsgefahr) steht die Tatsache, daß sie eine relativ günstige Wärmeableitung besitzen. Wie aus den Versuchsergebnissen ersichtlich ist, liegt sie bei den nach längerer Nutzung untersuchten Bongossiböden im Schnitt mit $55,547 \text{ kcal/m}^2$ mit Abstand unter der der Betonliegeflächen mit 6 cm Styropor-

isolierung ($73,448 \text{ kcal/m}^2$) und 8 cm Styroporisolierung ($63,029 \text{ kcal/m}^2$). Dabei ist zu berücksichtigen, daß die zum Vergleich herangezogenen Betonliegeflächen noch nicht genutzt worden waren. Vergleicht man letztere aber mit dem einfachen Eichenbretterboden im Abferkelstall 2 ($36,474 \text{ kcal/m}^2$), so fallen sie noch stärker ab. Die Hintergründe dafür sind aus Versuch Nr. 4 a/b/c in Stall 7 zu ersehen. Der untersuchte Boden ist zu empfindlich gegenüber Feuchtigkeit. Das ausgegossene Wasser ist offensichtlich teilweise in den Estrich eingedrungen und hat dadurch die Wärmeableitung erhöht.

Nach C a m m e r e r (12) erhöht sich die Wärmeleitfähigkeit von Baumaterialien, deren Poren oder Zellen ganz oder teilweise mit Wasser gefüllt sind, und zwar im allgemeinen in größerem Maße, als es dem volumenmäßigen Anteil des Wassers entspricht. Wie aus Versuch 3 a/b/c hervorgeht, ist ein wasserdichter Estrich in dieser Hinsicht vorteilhafter. Ein Kunststoffbelag, wie das in den Buchten 1, 3, 5 und 7 aufgezugene Dynafarm eignet sich aus Kosten- und Haltbarkeitsgründen aber nur für Ferkel. In Buchten für ältere Schweine müßte man versuchen, den Estrich durch Zuschlagstoffe wasserdicht zu machen. Die Gegenüberstellung der Versuche 1 a/b/c und 2 a/b/c in Stall 7 macht noch auf ein weiteres Problem aufmerksam. Ein starker Estrich, dessen Wärmeableitung groß ist, verlangt von dem auf ihm liegenden Tier eine hohe Heizleistung, bis die darunterliegende Wärmedämmschicht zur Wirkung kommt. Daraus ergibt sich die Folgerung, daß für Ferkel und Läufer entweder der Estrich so dünn wie

möglich gehalten oder selbst aus einem Material von geringer Wärmeleitfähigkeit bestehen muß. Wie die Verhältnisse bei den Bongossispaltenböden liegen, geht aus den Versuchen nicht eindeutig hervor. Die Wärmeableitung hat sich hier im Laufe der Nutzung teils erhöht und teils verringert. Leider sind keine Angaben über die Wärmeleitfähigkeit von Bongossiholz verfügbar. Sie dürfte aber über der im VDI - A t l a s (52) angegebenen Wärmeleitung von Eiche (axial 0,32 und radial 0,15 - 0,18) liegen. Die Wärmeleitfähigkeit feuchten Holzes senkrecht zur Faser hängt nach dem VDI - A t l a s (53) wesentlich vom Raumgewicht ab. Das wegen seiner Festigkeit für Spaltenböden verwendete Bongossi zählt mit einem Raumgewicht von $1\,120\text{ kg/m}^3$ zu den schwersten Hölzern überhaupt. Wahrscheinlich nimmt aber Bongossi eben wegen seiner Dichte wenig Feuchtigkeit auf. Der Einfluß der Luftbewegung auf die Wärmeableitung von Spaltenböden ist ebenfalls unklar. Bei den vorliegenden Versuchen lag sie unter den von K u r z w e g und W i n k l e r (29) vorgeschlagenen Toleranzgrenzen von 0,2 m/sec bei Temperaturen bis $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ bzw. 0,3 m/sec bei $15 - 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ und 50 - 85 % relativer Luftfeuchte. Es ist jedoch anzunehmen, daß der Gesamtwärmeverlust von Spaltenböden in der Hauptsache durch Konvektion und Strahlung verursacht wird. Die Wärmeableitung über die Auflager spielt nach H a n n u s c h (19) eine sehr geringe Rolle. Die Einflußgröße der relativen Luftfeuchte und der Oberflächenfeuchte läßt sich aus den vorliegenden Ergebnissen nicht ersehen. Zwar ist bei erhöhter Oberflächen-

feuchte in der Regel die Wärmeableitung des Bodens erhöht, aber es ist völlig offen, welcher Prozentsatz der Erhöhung dabei zu Lasten der Oberflächenfeuchte geht, weil die Materialfeuchte nicht bekannt ist. Zudem läßt die Genauigkeit des verwendeten Haarhygrometers in den höheren Feuchtigkeitsbereichen nach.

Eine abschließende Bewertung der untersuchten Stallböden hinsichtlich ihrer Eignung für Schweine ist aufgrund der wenigen Vergleichsmöglichkeiten kaum möglich. Für eine einheitliche Beurteilung der Wärmeableitung von Stallböden ist ein Bewertungsschema günstig, wie es O b e r und K i e s l (37) verwenden. Dabei sollte auf die Klassifizierung von sehr gut bis schlecht verzichtet und statt dessen die Eignung im Rahmen einer Wärmeableitungszone analog zur klimatischen Leistungszone nach S c h o l z und P e c h e r t (44) herangezogen werden. Denn was an Wärmedämmung für Ferkel ausgezeichnet ist, kann für ältere Schweine in den Sommermonaten durch Hitzestau sogar schädlich sein. Daneben wäre es von Vorteil, wenn der Begriff Einstreu durch qualitative Angaben ersetzt würde, weil das bloße Wort Einstreu der subjektiven Auffassung des einzelnen Landwirtes ausgesetzt ist. Ein so aufgebautes Bewertungsschema würde den wirtschaftlichen Erfordernissen und dem Wohl der Tiere in gleichem Maße Rechnung tragen.

E. Z U S A M M E N F A S S U N G

1. In der Zeit vom 11. 12. 1968 bis 6.4. 1971 wurde in 27 Versuchen die Wärmeableitung von 12 verschiedenen Stallböden in 11 Ställen gemessen.
2. Untersucht wurden Böden im Neubauzustand, nach dreiwöchiger Trocknungszeit, nach 1½ oder 2-jähriger Nutzung und nach längerer Nutzung.
3. Dazu wurde auf den Boden ein Folien-Wärmestrommesser aufgelegt und auf diesen ein Meßfuß mit konstanter Temperatur aufgesetzt. Die abfließende Wärme in den Zeiten 1, 3 und 10 Minuten wurde dabei mit einem Zählgerät bestimmt.
4. Die Wärmeableitung der Böden steigt in der Reihenfolge :
Eichenbretterboden mit Gummimatte und Stroheinstreu auf ein Eisengerüst montiert, derselbe Boden ohne Einstreu, isolierter Betonboden mit Kunststoffbelag, Bongossispaltenböden verschiedener Bauart, isolierter Betonboden, Betonboden, Betonspaltenboden.
5. Eine dreiwöchige Trocknungszeit bewirkt keine wesentliche Verringerung der Wärmeableitung eines isolierten Betonbodens gegenüber dem Neubauzustand.
6. Die Wärmeableitung der Böden steigt unter dem Einfluß von Feuchtigkeit.
7. Die Wärmeableitung eines isolierten Betonbodens mit wasserdurchlässigem Estrich steigt dabei besonders stark an.
8. Die Wärmeableitung des Estrichs beeinflußt in starkem Maße die gesamte Wärmeableitung eines isolierten Beton-

bodens.

9. StrohEinstreu senkt die Wärmeableitung eines Bodens erheblich.
10. Bei isolierten Betonliegeflächen sollte der Estrich wasserundurchlässig sein. Für Ferkel und Läufer sollte er zusätzlich so dünn wie möglich sein oder selbst wärmedämmend wirken.
11. Für die wärmetechnische Beurteilung sollte ein Bewertungsschema aufgestellt werden, das die Nutzungsart des Bodens berücksichtigt.

B. SUMMARY

1. In 27 experiments carried through during the period of time from December 11, 1968 to April 6, 1971, heat abstraction of 12 different stall floors was measured in 11 stables.
2. Floors were examined in the state of the new building, after a drying period of three weeks, after a time of use of 1 1/2 or 2 years and after a longer period of use.
3. For this purpose, a foil heat flowmeter was placed on the floor and a measuring foot with constant temperature was placed on the latter. The heat abstracted during periods of 1, 3 and 10 minutes was determined by a counter.
4. The heat abstraction of the floors increases in the following sequence: oak board floor with a rubber mat and straw litter mounted on an iron scaffold, the same floor without litter, insulated concrete floor with a synthetic floor covering, Bongossi split floors of different design, insulated concrete floor, concrete floor, concrete split floor.
5. A drying period of three weeks does not bring about any essential reduction of heat abstraction of an insulated concrete floor as compared with the state of the new building.

6. Heat abstraction of the floors increases under the influence of moisture.
7. The heat abstraction of an insulated concrete floor with a floor finish pervious to water shows a particularly high increase.
8. Heat abstraction of the floor finish has a considerable influence on the entire heat abstraction of an insulated concrete floor.
9. Straw littering decreases the heat abstraction of a floor considerably.
10. With insulated concrete lying areas, the floor finish should be impervious to water. For piglets and store pigs, it should in addition be as thin as possible or have a thermal insulation effect of its own.
11. For pyrometric judgment, an evaluation scheme should be established considering the type of use of the floor.

F. L I T E R A T U R

1. Bähr, H. Untersuchungen über die Wärmeableitung
von Stallfußböden
Deutsche Agrartechnik 17, 115 (1967)

2. Biendl, H.M. Zur Problematik von Spaltenböden bei
Schweinen
Der Tierzüchter 19, 813 (1967)

3. BLF Der Einfluß der Stalltemperatur auf
Last- und Schlachtleistung bei Schweinen
Der Tierzüchter 17, 108 (1965)

4. Bligh, J. zit. nach Mount (32)

5. Bogner, H. Auswirkungen des Stallklimas auf die
Leistungsfähigkeit von Mastschweinen
Bauen auf dem Lande 21, 105 (1970)

6. Bond, T.E. zit. nach Mount (32)
 Kelly, J.F.
 Heitman, Jr.

7. Brabbée, K. Zur Geschichte der neueren Wärme-
durchgangszahlen
Beihefte zum Gesundheits-Ing.
Beiheft 12, 20 (1920)

8. Burton, A.C. zit. nach Mount (32)
 Edholm, O.G.

9. Jammerer, J.S. Wärmeflußmesser - Bemerkungen des
Forschungsheimes
Das Schrifttum des Wärme- und Kälte-
schutzes 1 (Heft 2), 10 (1960)

10. Cammerer, J.S. Untersuchungen über die Voraussetzungen übereinstimmender Prüfapparaturen für die Wärmeableitung von Fußböden bei verschiedenen Instituten
Gesundheits-Ing. 82, 270 (1961)
11. Cammerer, J.S. Messung der Wärmeableitung von Wohnungsfußböden
Gesundheits-Ing. 82, 178 (1961)
12. Cammerer, W.F. Der Einfluß der Feuchtigkeit auf die Wärmeleitfähigkeit von Bau- und Isolierstoffen nach dem gegenwärtigen Stand der Forschung
Kältetechnik 13, 413 (1961)
13. Cammerer, J.S.
Schüle, W. Vergleichsmessungen zwischen physiologischem und physikalischem Prüfverfahren der Wärmeableitung von Fußböden - Bemerkungen des Forschungsheimes
Das Schrifttum des Wärme- und Kälteschutzes 1, (Heft 3), 20 (1960)
14. Cammerer, J.S. Erprobung verschiedener Meßmethoden zur Bestimmung der Wärmeableitung von Fußböden
Gesundheits-Ing. 81, 1 (1960)
15. Cannon, P.
Keatinge, W.R. zit. nach Mount (32)
16. Comberg, G. Das Stallklima als Leistungsfaktor in der Tierhaltung
Der Tierzüchter 17, 81 (1965)

17. DIN 52614 Bestimmung der Wärmeableitung von Fußböden
Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin (1963)
18. Eichbauer, F. zit. nach Cammerer (13)
19. Hannusch, D. Der Umbau von Milchviehställen als Ergebnis funktioneller, bautechnischer und investitionsabhängiger Überlegungen
KTBL-Bauschriften, Bauschrift 2 (1969)
20. Hill zit. nach Cammerer (10)
21. Kalich, J. Die Bedeutung der Wärme für die Ferkelaufzucht und Schweinemast
Bayer. Landw. Jahrbuch 39, 43 (1962)
22. Kalich, J. Neue Stallformen und ihre Auswirkungen für das Tier
Bayer. Landw. Jahrbuch 45, 542 (1968)
23. Kalich, J. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen enzootischer Pneumonie (Ferkelgrippe) und Umwelt
Berl. Münch. tierärztl. Wochenschrift 83, 289, 309 (1970)
24. Kalich, J. Beziehungen zwischen Umweltfaktoren, Kovács, F. Kolostralmilchaufnahme und Ferkelsterblichkeit
Maier, E. Berl. Münch. tierärztl. Wochenschrift 80, 250 (1967)

25. Kastroll, H.J. Elektrische Fußbodenheizung im Ferkelstall
Landtechn. Zeitung, 18, 78 (1967)
26. Kelly, C.F.
Bond, T.E.
Garrett zit. nach Mount (32)
27. Kleiber, M. The Fire of Life
John Wiley & Sons Inc. New York 1961
28. Knoblauch,
Hencky zit. nach Brabbée (7)
29. Kurzweg, W.
Winkler, K. Angewandte Tierhygiene Band 2
Stallklima und Tiergesundheit - Schwein
VEB Gustav Fischer Verlag Jena 1972
30. Mölbert, H. Überlegungen beim Planen von Zuchtschweineställen
Der Tierzüchter 17, 520 (1965)
31. Mollier, H. zit. nach Cammerer (13)
32. Mount, L.E. The Climatic Physiology of the Pig
Edward Arnold (Publishers) Ltd.
London 1968
33. Mount, L.E. zit. nach Mount (32)
34. Mount, L.E. zit. nach Mount (32)
35. Ober, J. Versuche mit Holzbelägen auf Viehständen in Rindviehställen
Arbeitsgemeinschaft Holz e.V.
Düsseldorf 1967

36. Ober, J. Schweineställe
Blendl, H.M. BLV Verlagsgesellschaft mbH
München 1969
37. Ober, J. ALB-Richtlinien und Empfehlungen zur
Ausführung und Bewertung von Stallfuß-
böden
Bayer. Landesanstalt für Tierzucht
Grub 1970
38. Pechert, H. Verhaltensforschung bei Schweinen
Bauen auf dem Lande 21, 235 (1970)
39. Prange, H. Beziehungen zwischen Gliedmaßengesund-
Kurzweg, W. heit und Fußbodengestaltung in der
Schweinemast
Tierzucht 24, 348 (1970)
40. Raisch, E. zit. nach Cammerer (13)
41. Ritze, W. Schweine
VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag
Berlin 1965
42. Schmidt, E. zit. nach Cammerer (13)
43. Scholz, K. zit. nach Pechert (38)
44. Scholz, K. Problematik und Methodik von Klimaun-
Pechert, H. tersuchungen in Ställen
Arch. Tierzucht 1, 10 (1958)
45. Schürholz, H. Wirtschaftlichkeit der Stalltemperatu-
ren in der Schweinemast
Der Tierzüchter 18, 469 (1966)

46. Schüle, W. zit. nach Cammerer (13)
47. Sieler, K. Der Wärmehaushalt im Abferkelstall
Der Tierzüchter 20, 670 (1968)
48. Spørensens, P.H. zit. nach Ritze (41)
49. Spørensens, P.H. zit. nach Ritze (41)
Moustgaard, J.
50. Stolpe, J. Stallklima und Tiergesundheit unter
den Bedingungen der modernen Schweine-
haltung
Tierzucht 24, 346 (1970)
51. Tregear, R.T. zit. nach Mount (32)
52. VDI-Wärmeatlas Wärmetechnische Stoffwerte von festen
Körpern Blatt E a 4
VDI-Verlag Düsseldorf 1956
53. VDI-Wärmeatlas Einfluß der Feuchtigkeit auf die Wärme-
leitzahl Blatt E a 12
VDI-Verlag Düsseldorf 1956
54. Wömpner, W. Erfahrungen mit warmluftbeheizten
Abferkelställen
Tierzucht 21, 364 (1967)
55. Wolfermann, H.F. Einfluß des Ganzspaltenbodens auf die
Mastleistung bei Schweinen
Der Tierzüchter 20, 578 (1968)

Herrn Professor Dr. J. K a l i c h danke ich
herzlich für die Überlassung des Themas sowie für
seine Ratschläge zur Ausführung der Arbeit.

Ferner danke ich allen Mitarbeitern des Institutes
für ihre ständige Hilfsbereitschaft.

LEBENS LAUF

Am 23. Mai 1944 wurde ich als zweiter Sohn des Oberleutnants Kurt Bartelmus und seiner Ehefrau Suse, geb. Jendreosch in Gleiwitz / OS geboren.

Die Volksschule besuchte ich in Oberthingau und in Legau / Allgäu.

Vom Herbst 1955 an besuchte ich die Oberrealschule am Kolleg der Schulbrüder in Illertissen, wo ich 1964 das Abitur ablegte.

Danach wandte ich mich dem Studium der Tiermedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München zu. Am 29. September 1970 bestand ich das Tierärztliche Staatsexamen.

